


M 1286 - 24 - 19,00 F

# APPRENDRE L'ELECTRONIQUE PAR LA PRATIQUE

20



**VOTRE CLASSEUR SPECIALEMENT CONCU POUR RANGER VOTRE REVUE PREFEREE**

**55F.**

+ port 20F. pour un
25F. pour deux

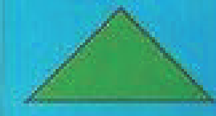
**OFFREZ OU FAITES VOUS OFFRIR !**

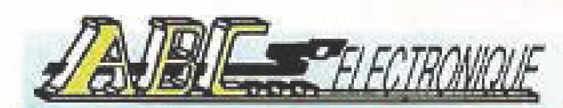
• VOS FICHES A PORTEE DE MAIN
• RANGEMENT PAR THEME DANS VOTRE CLASSEUR

*Commandez-le vite, aux Editions SORACOM, BP 88, La Haie de Pan, 35170 BRUZ.*



**Les numéros 1,2,3,4,5, 6,7,8,9,10, 11 & 12 de l'ABC de l'électronique sont épuisés. Nous disposons des photocopies de ces numéros au même tarif.**







**Edité par SORACOM Editions**
**SARL au capital de 250.000 Frs**
**La Haie de Pan - BP 88**
**35170 BRUZ**

Téléphone : 99.52.98.11
Fax : 99.52.78.57
Serveur : 3615 MHZ

**Directeur de publication**
**Rédacteur en chef**
**S. FAUREZ**

**Secrétaire de rédaction**
**André DURAND**

**Directeur de fabrication**
**Edmond COUDERT**

**Abonnements**
**SORACOM**

**Composition - maquette dessins**
**J. LEGOUPI – B. JÉGU**

Vous pouvez obtenir les numéros précédents aux Editions SORACOM.
Du n°1 à 10 20 F par numéro.
à partir du n°11 21F par numéro.

**ABONNEMENT**
180 F pour 12 numéros
soit 15 F le numéro (au lieu de 19 F)
Paiement par carte bancaire accepté
• Etranger : nous consulter

Imprimé en France par
Société Mayennaise d'impression
53100 MAYENNE

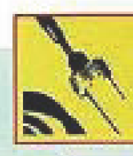
Dépôt légal à parution – Diffusion NMPP

Commission paritaire 73610

Les informations et conseils donnés dans le cadre de cette publication ne peuvent engager la responsabilité de l'éditeur.

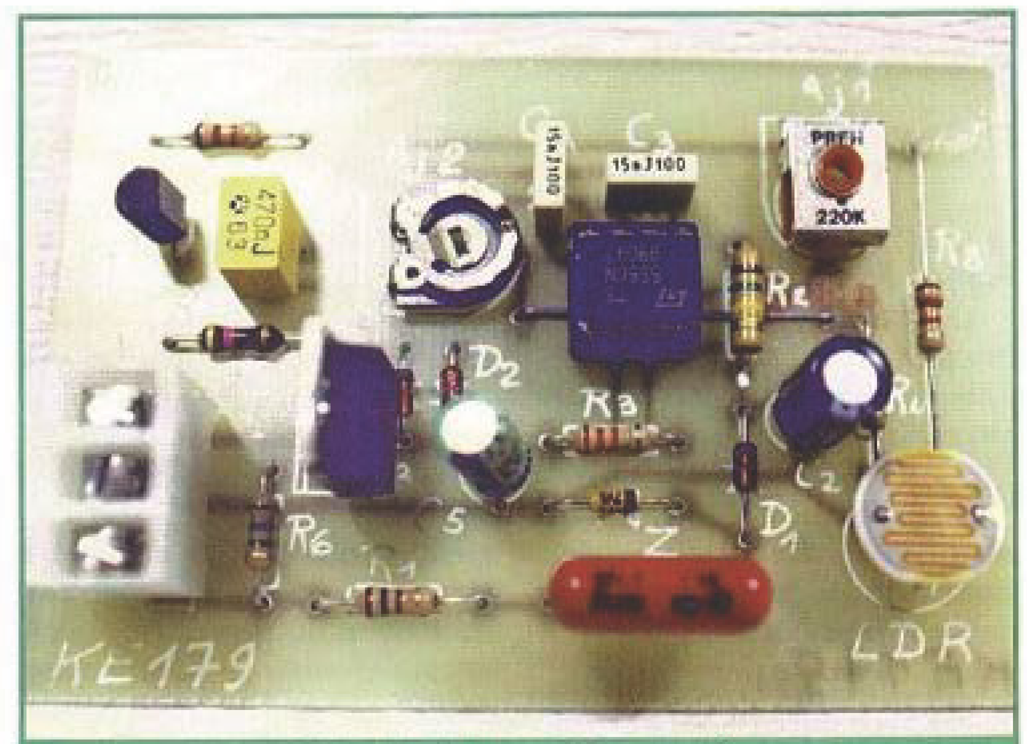




# UN INTERRUPTEUR CREPUSCULAIRE

*Ce montage permet l'allumage automatique d'une lampe sur le secteur 220 V, lorsque l'obscurité s'établit. Sa complexité apparente n'est due qu'à sa sécurité de fonctionnement.*




*Vue de l'ensemble monté.*

En effet, nous aurions pu mettre, tout simplement, un détecteur de lumière commandant directement la gâchette d'un triac, mais le fonctionnement du montage aurait été instable avec des déclenchements intempestifs et des seuils d'éclairement peu précis.

Une description du schéma de la figure 6 va vous permettre d'en comprendre le principe.

## UN PEU DE TECHNOLOGIE...

Nous avons ici affaire à trois composants inhabituels : La photo-résistance, le circuit intégré 555 CMOS et le triac.

La photo-résistance, qu'il ne faut pas confondre avec les autres dispositifs sensibles à la lumière, est constituée par un cristal semi-conducteur dont la résistance diminue proportionnellement au flux lumineux reçu. Cette résistance est de plusieurs mégohms dans l'obscurité totale et de quelques centaines d'ohms seulement pour un éclairage normal. Le matériau semi-conducteur qui se prête le mieux à cet usage, est le sulfure de cadmium (CdS) ou le séléniure de cadmium (CdSe). Comme le cristal ne comporte pas de jonction, ce composant n'est pas polarisé. La photo-résistance est donc très sensible à la lumière mais a un temps de réponse assez élevé de quelques millisecondes, contrairement aux dispositifs à jonction (photodiodes, photo-transistors et cellules solaires) moins sensibles mais beaucoup plus rapides. Ce temps de réponse n'intervient pas dans notre application.

Le circuit intégré 555 CMOS est identique au 555 bien connu (voir ABC N° 11) mais fait appel à la technologie CMOS. Sa consommation est extrêmement faible, mais la valeur des composants RC est aussi différente, ces deux types ne sont donc pas directement interchangeables.

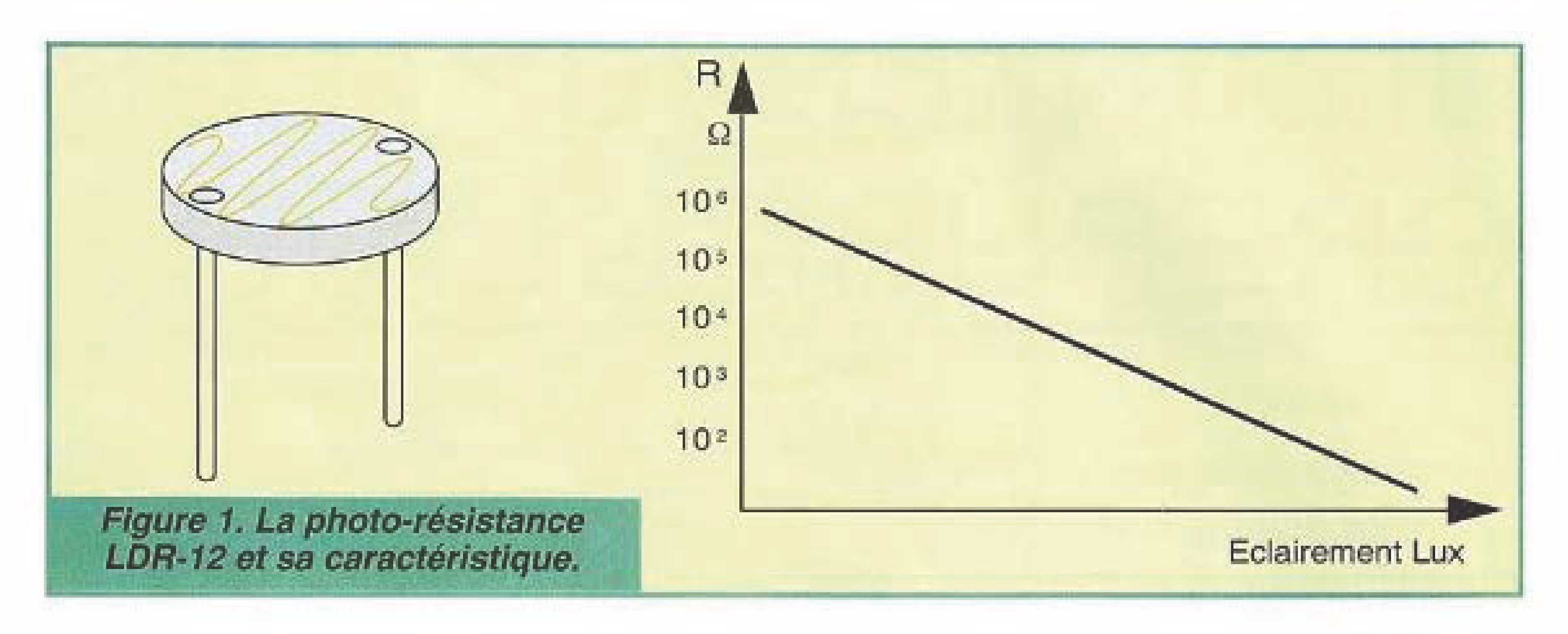


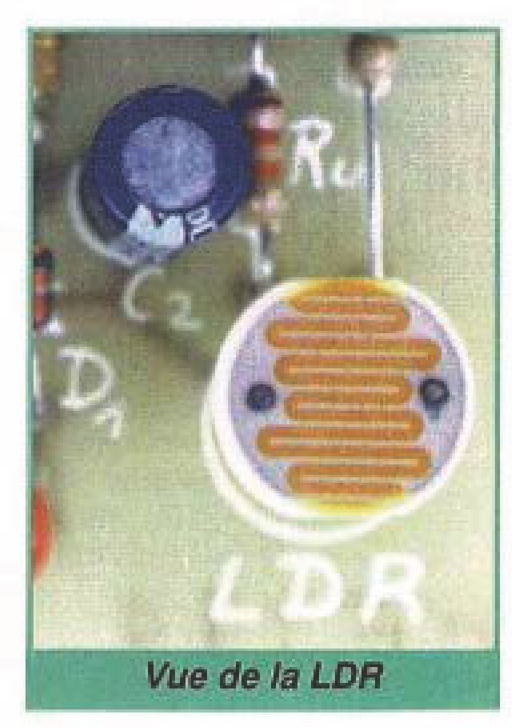
*Figure 1. La photo-résistance LDR-12 et sa caractéristique.*

Le triac peut être considéré comme deux thyristors montés "en tête-bêche" : il est traversé par une alternance du courant alternatif (du secteur) lorsque sa gâchette G reçoit une brève impulsion, puis se bloque au "passage à zéro" en fin d'alternance, jusqu'à l'impulsion suivante. Le sens de l'alternance ne joue pas (voir ABC N° 8).

## DESCRIPTION DU MONTAGE

Au départ, nous avons un oscillateur à 555 monté en astable dont la fréquence de travail est définie par R2, R3 et C3. Mais lorsque la photo-résistance Ph est éclairée, sa résistance est faible. La résistance ajustable RA1 est réglée pour que l'entrée "Reset" (ou "RAZ", patte 4) du 555 soit à un niveau assez bas (proche de 0 V) pour bloquer le circuit oscillateur. Dans ces conditions, aucun signal n'apparait sur la sortie (3), le transistor T1 et le triac T restent bloqués. Donc la lampe Ch reste éteinte.

Dans l'obscurité, la résistance de Ph augmente, le niveau du "reset" aussi ce qui permet au 555 d'osciller.



*Vue de la LDR*

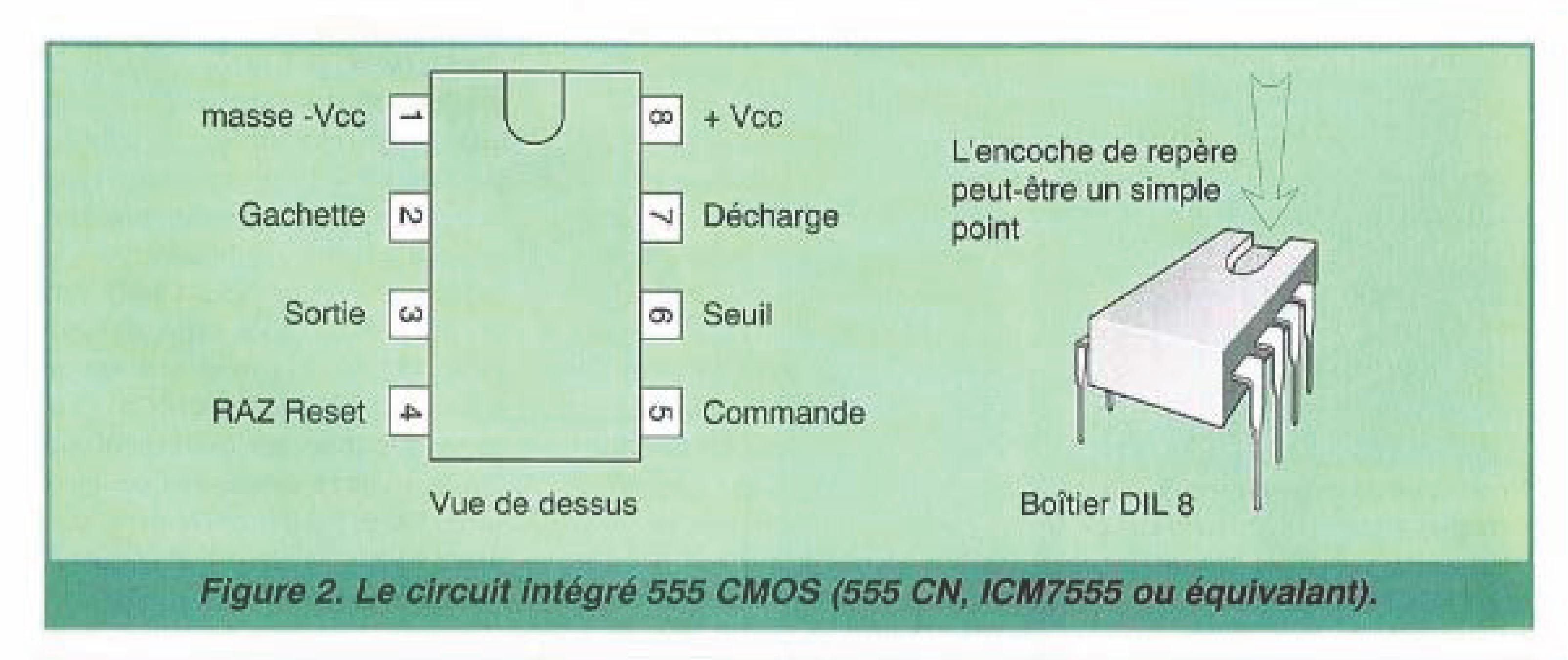
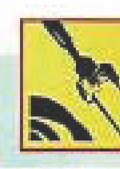


*Figure 2. Le circuit intégré 555 CMOS (555 CN, ICM7555 ou équivalant).*



marquage
KA 2
Face métallisée
KA 1
G
KA 1 KA 2 G
KA 2
c b e
BC 557
Silicium PNP
Boîtier T0220
l'aillette est toujours reliée à la patte centrale

*Figure 3. Le triac (BT 138 Philips ou équivalant) et le transistor T1.*

Le signal rectangulaire sur la sortie 3 est différentié par C6 et R5 (voir figure 4 ), c'est à dire que ses fronts montants et descendants sont convertis en impulsions. Sur les impulsions positives qui en résultent, le transistor T1 est conducteur et les transmet sur la gâchette du triac T. Celui-ci conduit et la lampe s'allume. Pour obtenir un basculement franc du circuit, nous avons recours à une boucle, laquelle consiste à redresser et filtrer une partie du signal rectangulaire en 3, par D2 et D5, et à réinjecter la tension obtenue par la résistance

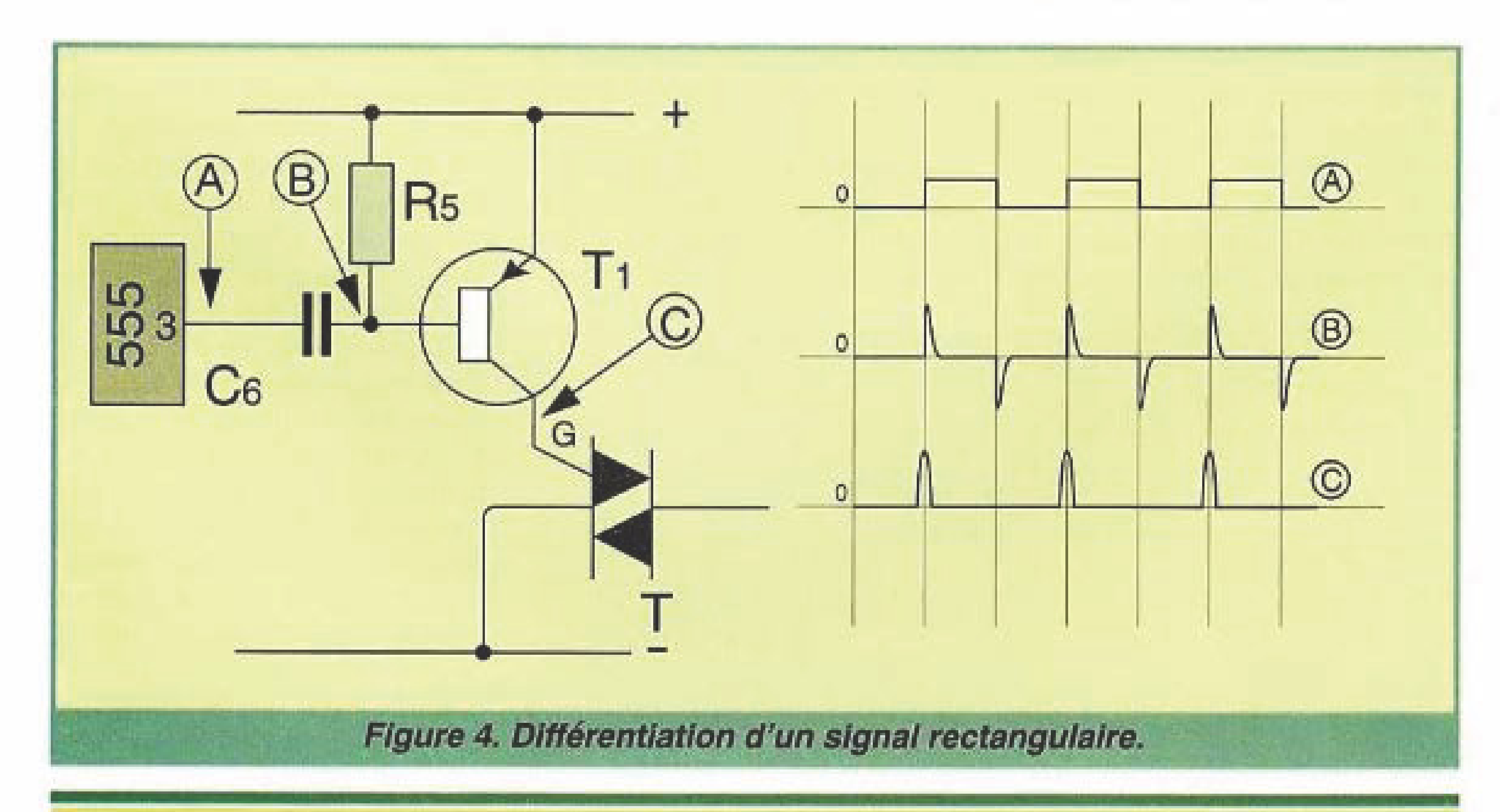



*Figure 4. Différentiation d'un signal rectangulaire.*

*Figure 5. L'alimentation par condensateur de déphasage tension-intensité.*

ajustable RA2, sur l'entrée "reset" (4). Le basculement se produit ainsi sur deux valeurs légèrement différentes suivant le sens obscurité -> lumière et lumière -> obscurité, ce qui augmente considérablement la sécurité de fonctionnement du système (cet effet est appelé "hystérésis").

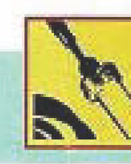
Attention : la photo-résistance Ph ne doit pas "voir" la lumière de la lampe Ch, sous peine d'anomalies de fonctionnement. Il faut donc éviter tout couplage optique entre l'entrée (Ph) et la sortie (Ch) du système.

L'alimentation du circuit demande aussi quelques commentaires (voir figure 5) :

Nous avons voulu éviter d'utiliser un transformateur abaisseur de tension dont le coût aurait considérablement augmenté le prix de revient de cette réalisation. Le condensateur C1 déphase le courant et la tension du secteur à un angle proche de 90° (quadrature). La faible puissance efficace, qui en résulte sur la charge constituée par le circuit, est suffisante pour obtenir la tension et l'intensité nécessaires à son alimentation, la diode zener Z limite à 7,5 V la tension des alternances positives redressées par D1 et élimine pratiquement les alternances négatives en les court-circuitant. Le montage redresseur est donc à une seule alternance et le filtrage est assuré par C2. Un tel redressement sur déphasage tension-courant ne convient que pour des puissances très faibles ! bien inférieures au watt, comme c'est le cas ici. Dans ces conditions, un transformateur n'aurait apporté aucune amélioration, à cause de son rendement, et



*Vue de C1 au premier plan*



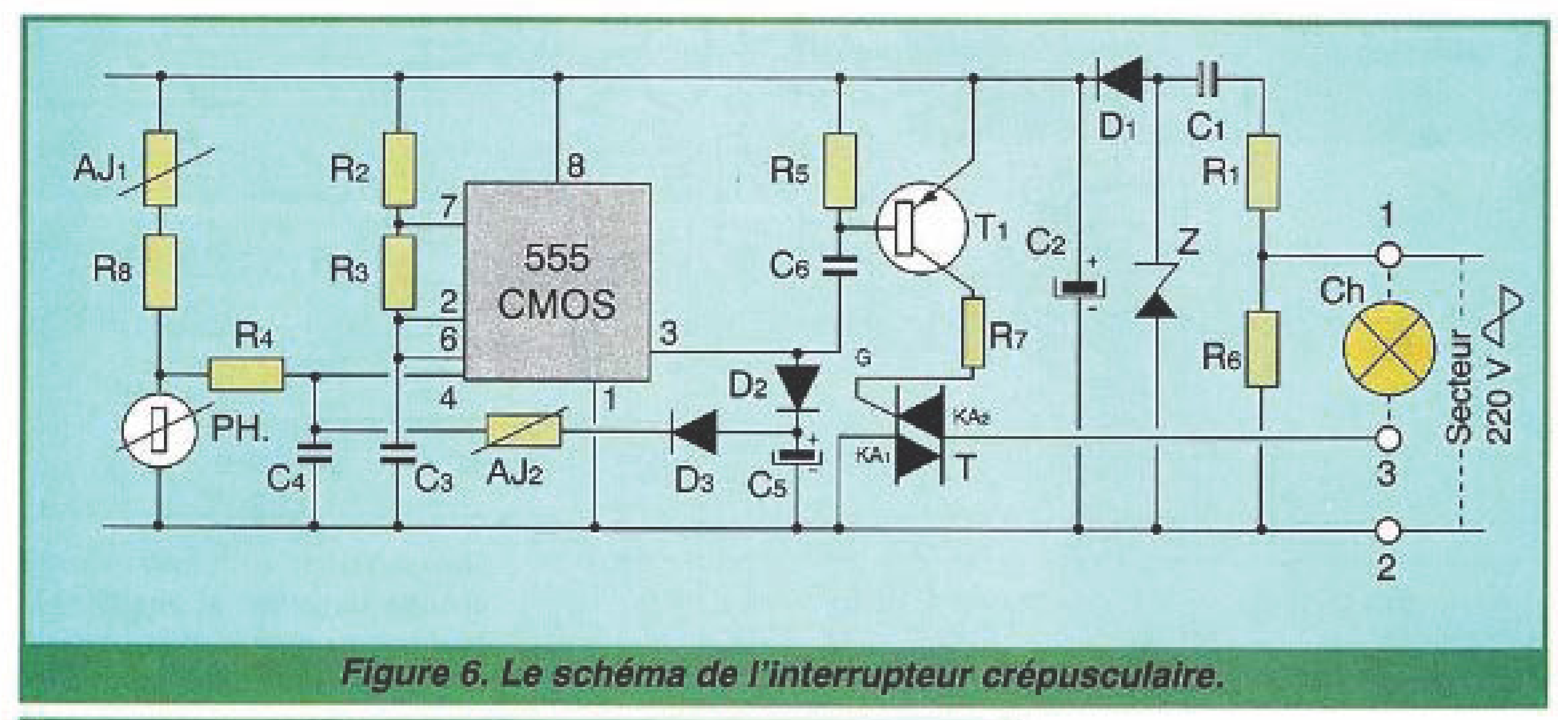



Figure 6. Le schéma de l'interrupteur crépusculaire.

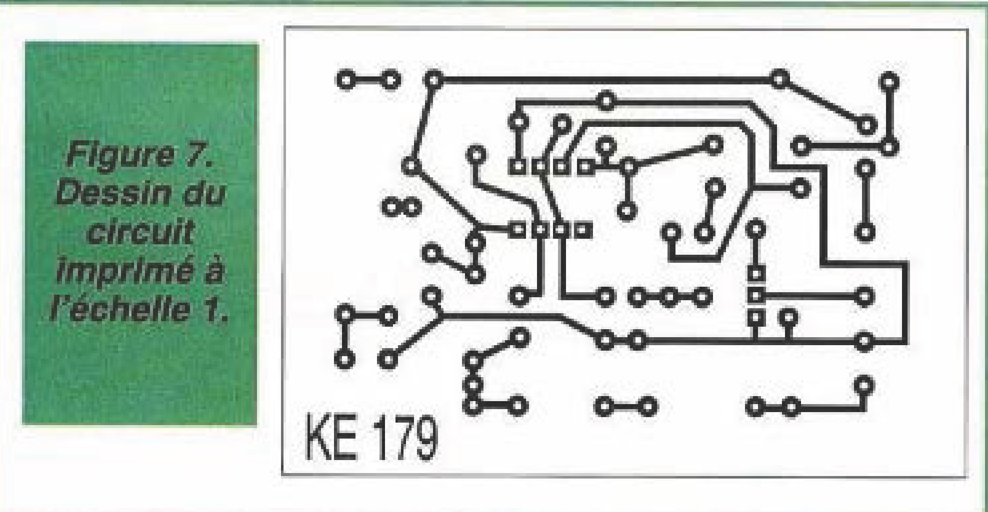



Figure 7. Dessin du circuit imprimé à l'échelle 1.

même l'isolement du circuit n'aurait pas été assuré à cause de la gâchette du triac.

## LE CIRCUIT IMPRIMÉ

Comme d'habitude, pour vous faciliter la tâche, nous vous proposons une plaquette en verre époxy "simple face".

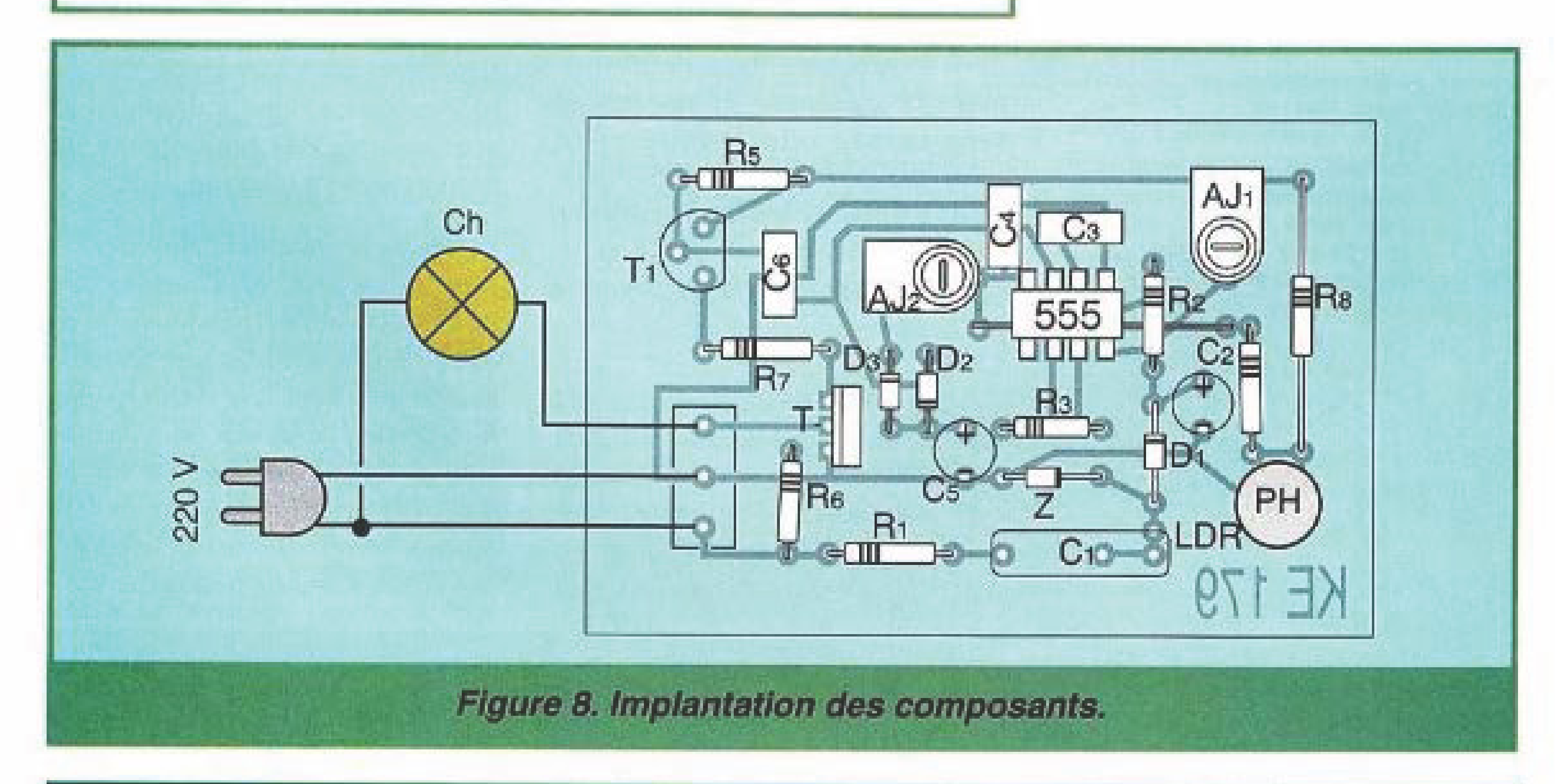



Figure 8. Implantation des composants.

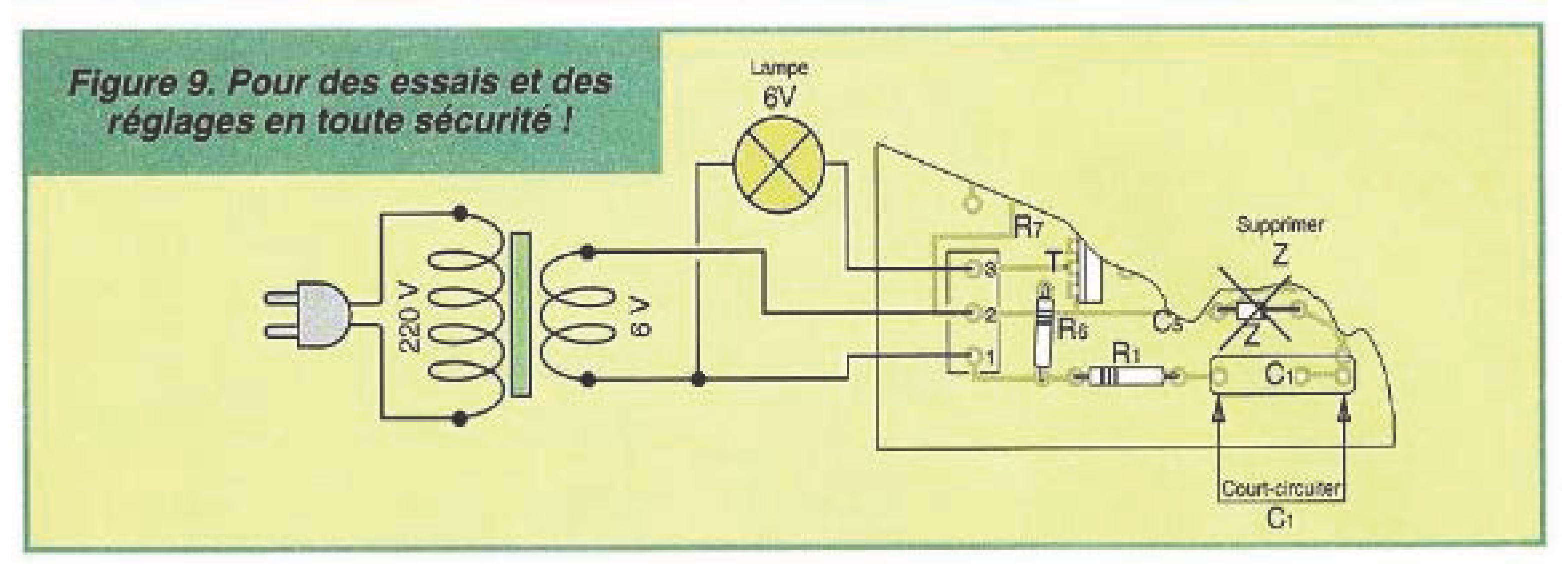


Figure 9. Pour des essais et des réglages en toute sécurité !

## LA LISTE DES COMPOSANTS

Résistances à couche, 1/4 W à 5 ou 10 %

| | | | |
|---|---|---|---|
| R1 | 100 Ω | R2 | 150 kΩ |
| R3 | 2,2 kΩ | R4 | 12 kΩ |
| R5 | 12 kΩ | R6 | 1 MΩ |
| R7 | 47 Ω | R8 | 12 kΩ |

Potentiomètres ajustables miniatures pour montage horizontal

| | |
|---|---|
| RA1 | 220 kΩ |
| RA2 | 470 kΩ |

Condensateurs

| | |
|---|---|
| C1 | 100 nF / 400 V radial, MKT ou mylar d'excellente qualité |
| C2 | 100 µF / 16 V, radial, électrolytique |
| C3 | 15 nF / 100 V, radial, polycarbonate |
| C4 | 15 nF / 100 V, radial, polycarbonate |
| C5 | 1 µF / 50 V, radial, électrolytique |
| C6 | 470 nF / 63 V, radial, polycarbonate |

Semi-conducteurs

| | |
|---|---|
| D1 à D3 | diode 1N4148 |
| D4 | diode zener 7,5 V / 0,4 W |
| IC | Circuit intégré 555 CMOS (ICM7555, TS555CN etc...) |
| T | Triac 400 V / 6 A (BT138-400, BT138-500 etc...) |
| T1 | Transistor Si PNP (BC557 B, BC308 B etc...) |
| Ph | Photo-résistance LDR-12 ou équivalente |

Divers

1 support de circuit intégré DIL 8
1 bornier à vis à 3 pôles, pour circuit imprimé

Options

1 mylar
1 boîtier HAED100
1 porte-fusible AL35150
1 fusible 6 A
1 cordon secteur

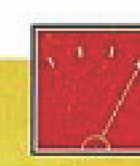
## RÉALISATION ET RÉGLAGES

Le diamètre des trous de passage des pattes des potentiomètres et du bornier sont un peu plus larges que les autres (1 mm au lieu de 0,7 mm).

Commencez par le strap passant sous le 555 et R2. Ensuite vous continuez par les composants de hauteur de plus en plus importante : Les diodes, les résistances, les potentiomètres, le support du 555, le transistor, les condensateurs, le bornier et le triac. La hauteur de la photorésistance dépend du boîtier dans lequel sera fixée définitivement la plaquette et sur lequel sera percée une fenêtre et le trou du porte-fusible à votre convenance. Vous terminez votre montage en plaçant le 555 sur son support en prenant les précautions d'usage pour les CMOS.

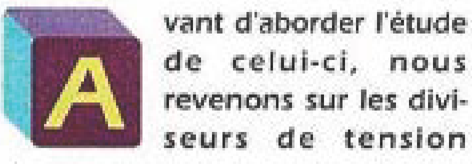
Attention ! Ce montage est directement relié au secteur 220 V CA. Assurez-vous tout d'abord que le tableau de votre installation électrique comporte bien un disjoncteur différentiel ! Nous vous recommandons ensuite de relier, si possible, la borne 3 au neutre et la borne 1 à la phase (celle sur laquelle un tournevis au néon s'allume)*. La lampe pourra être de 25 à 100 watts. Pendant les réglages, isolez-vous du sol et ne saisissez la plaquette, que si c'est nécessaire, par ses bords d'une seule main (l'autre main dans la poche !) et faites attention à l'ailette du triac que vous pourrez recouvrir de ruban isolant. A l'aide d'un tournevis isolé, vous commencez par tourner RA2 complètement vers la droite (pour le maximum de résistance) et vous réglez RA1 pour obtenir un basculement (éclairage de Ch) au niveau d'éclairage souhaité puis vous rajustez RA2 pour obtenir un déclenchement bien net.

* Note de la rédaction : Pour des raisons de sécurité, vous pouvez fort bien essayer et régler ce montage en basse tension, avec un petit transformateur de 6 volts que vous brancherez à la place du secteur, vous mettrez alors en Ch une lampe de 6 V 0,3 A, dans ces conditions vous devrez cependant court-circuiter C1 et supprimer la diode zener Z (voir figure 9).



# LES CIRCUITS EN PONT

*De nombreux appareils de mesure font appel à des circuits dits "en pont" qui ne sont autres que des variantes du fameux "pont de Wheastone".*



vant d'aborder l'étude de celui-ci, nous revenons sur les diviseurs de tension dont nous vous avions déjà parlé dans notre N° 3.

## LE DIVISEUR DE TENSION

Soit deux résistances identiques montées en série aux bornes d'une source de tension continue : la tension mesurée aux bornes de chaque résistance sera la moitié de celle de la source. Par exemple, en montant deux résistances R1 et R2 de 100 Ω aux bornes d'une pile de 9 V, vous lirez une tension de 4,5 V aux bornes de chacune. Remplacez maintenant R1 par une résistance de 330 Ω, vous devez lire U1 = 8 V aux bornes de R1 et U2 = 2 v aux bornes de R2. Ces tensions pourront légèrement différer selon la tolérance des résistances, mais leur somme sera toujours égale à celle de la source, soit 9 V.

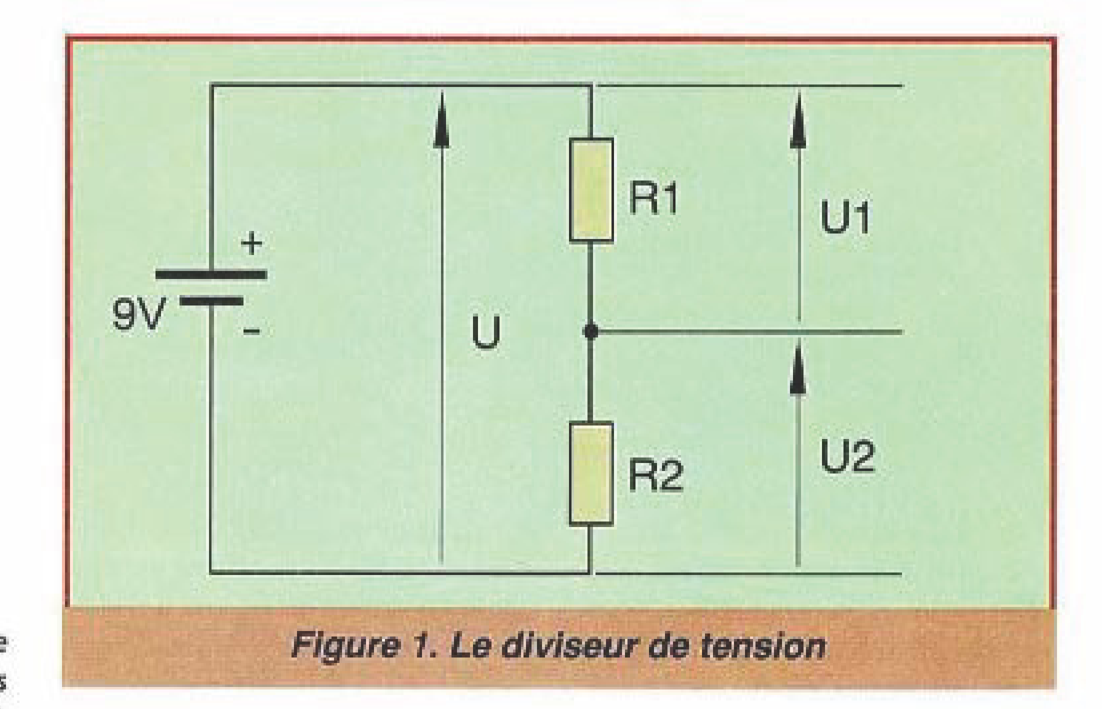



*Figure 1. Le diviseur de tension*

Dans le cas général d'un diviseur de tension, pour calculer R2, on utilise ainsi la relation :

$$U2 = U \,.\, R2 \,/\, (R1 + R2)$$

Soit pour l'exemple ci-dessus :

$$U2 = \frac{9 \,.\, 100}{(330 + 100)} = 2{,}1\ V$$

Mais nous pouvons aussi déduire la relation plus générale du diviseur de tension qui ne tient pas compte de la tension de la source U.

$$U1 \,/\, U2 = R1 \,/\, R2.$$

## LE PONT DE WHEASTONE

Il peut être assimilé à deux diviseurs de tension raccordés à une même source, voir figure 2.

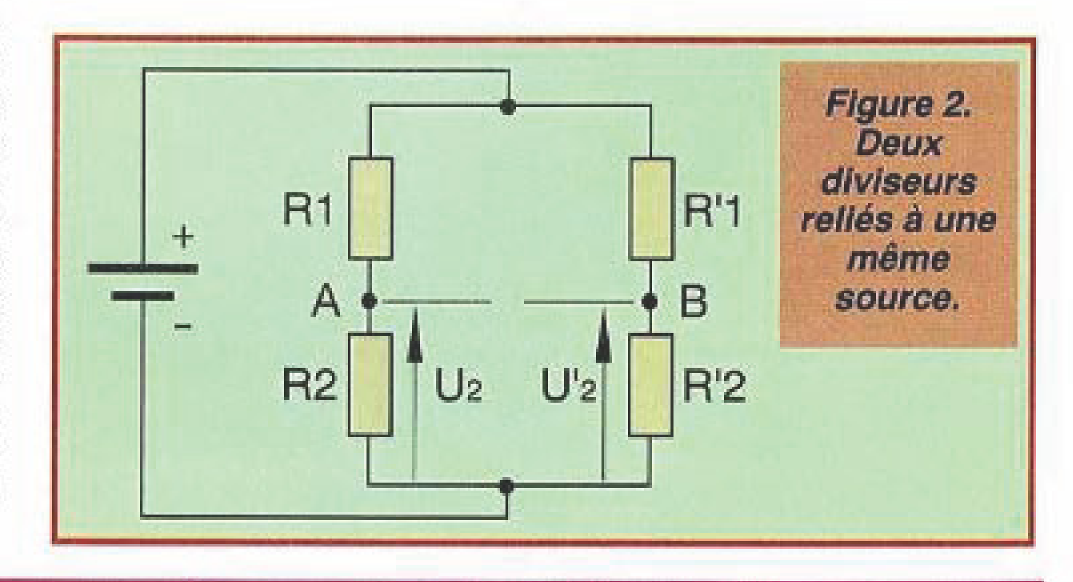



*Figure 2. Deux diviseurs reliés à une même source.*

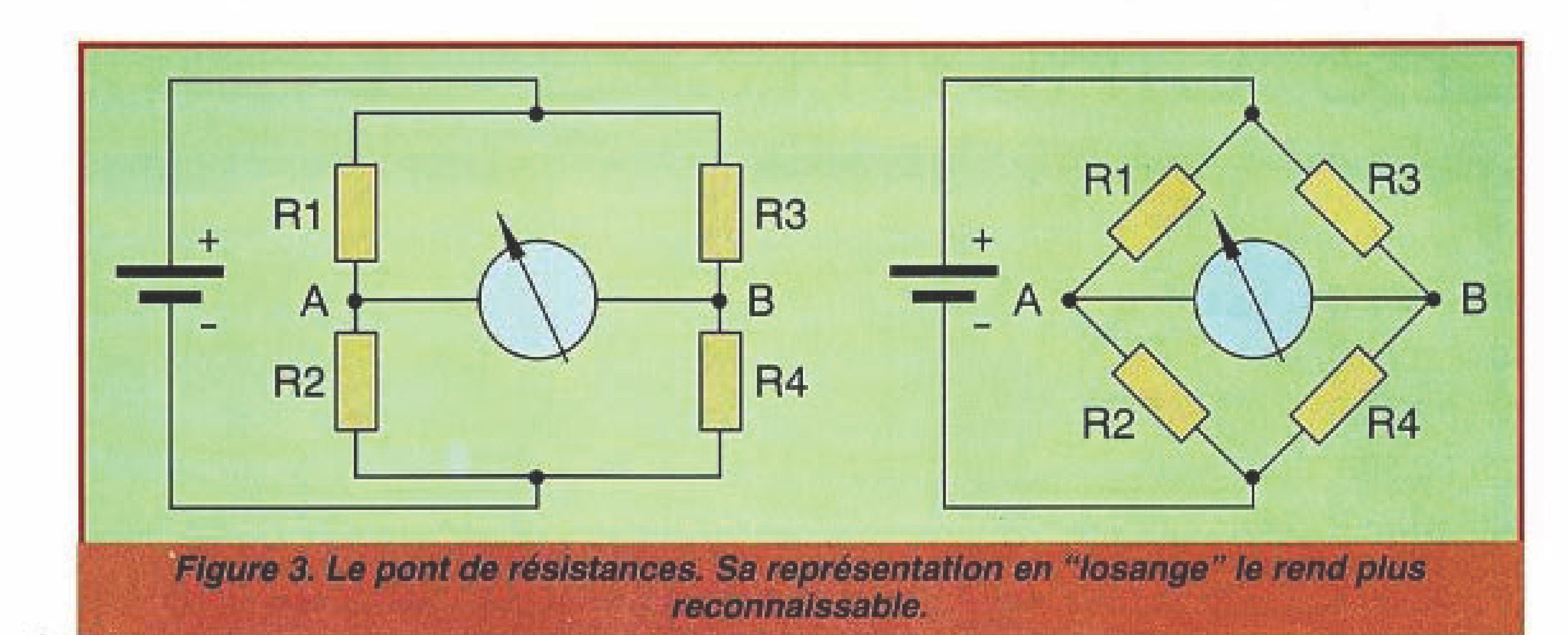


*Figure 3. Le pont de résistances. Sa représentation en "losange" le rend plus reconnaissable.*

Pour que leurs tensions U2 et U'2 soient égales, il suffira que leur rapport de division soit le même. Dans ces conditions, nous pourrions réunir les points A et B entre eux, car aucun courant ne circule entre ces deux points. Mais relions-les plutôt à l'aide d'un voltmètre : il ne vous donnera aucune indication. Nous avons maintenant affaire à un pont de résistances équilibré. Chacune des résistances forment une "branche" du pont et à l'équilibre de celui-ci (voir figure 3), elles sont liées par la relation :

$$R1 / R2 = R3 / R4$$

Vous noterez que les résistances peuvent être différentes les unes des autres, seul le rapport de division des deux branches de gauche et celui des deux branches de droite devront être égaux.

Lorsque le pont est équilibré, la tension "différentielle" entre A et B est nulle.

Dans la pratique pour obtenir cet équilibre, il suffira de rendre variable l'une des résistances pour ramener l'aiguille du voltmètre au zéro. La tension différentielle pouvant être positive ou négative, l'idéal serait d'avoir un voltmètre à zéro central. Un multimètre placé sur le calibre alternatif (V CA) le plus sensible pourra suffire* pour l'approche du zéro puis vous passez sur le calibre correspondant en V CC pour le "parfaire".

Plaçons, par exemple, la résistance variable en R2. Vous aurez peut être des difficultés à obtenir le zéro exact à cause de la grande sensibilité du pont. Aussi nous prendrons l'exemple de la figure 4 :

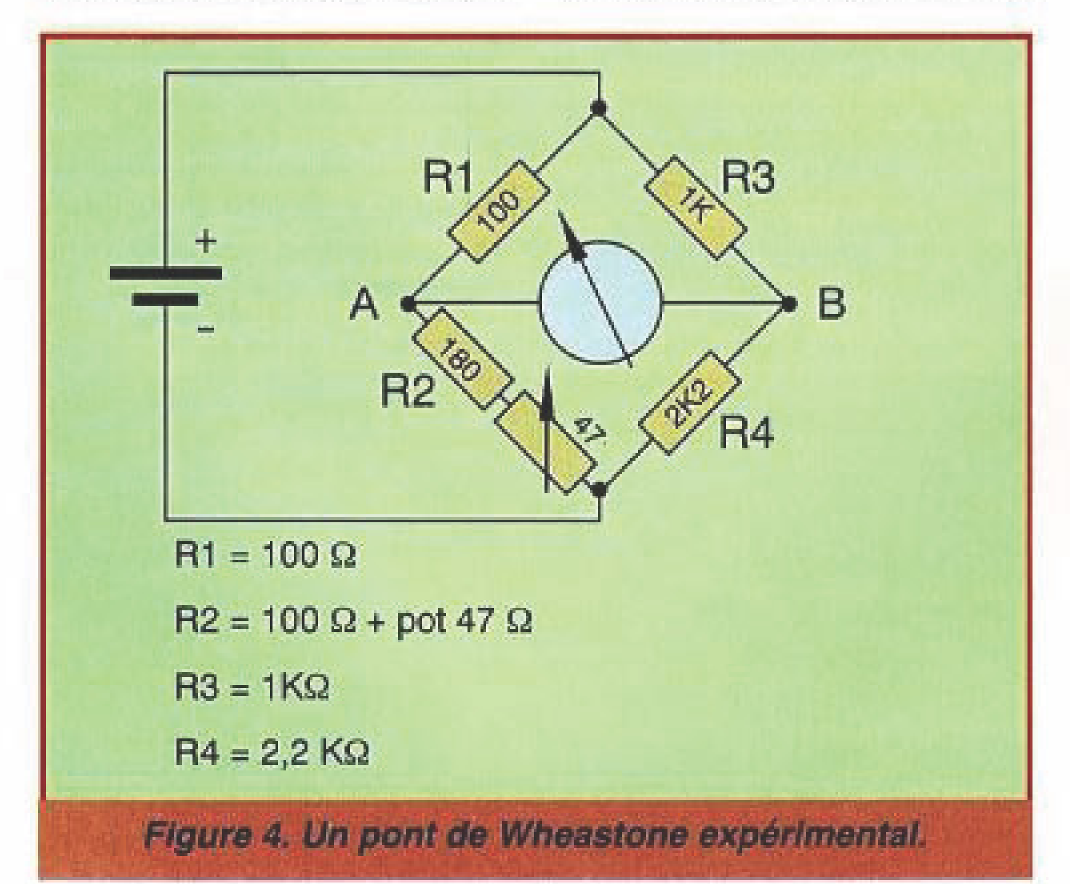


*Figure 4. Un pont de Wheastone expérimental.*

Nous avons choisi des valeurs standard à 5 % et la branche R2 est composée d'une résistance et d'un potentiomètre de faible



valeur destiné à affiner les réglages par excès ou par défaut. A l'équilibre du pont :

U2 = U . R2 / (R1 + R2) = U . R4 / (R3 + R4) = 9 . 2200 / (1000 + 2200) = 6,19 V

Maintenant déséquilibrons légèrement le pont en portant R2 à 225 Ω :

U2 = 9 . 225 / (100 + 325) = 6,23 V.

Cette tension différentielle de 6,23 - 6,19 = 0,04 volts soit 40 mV aurait été difficile à apprécier sur votre multimètre raccordé directement sur la branche R2, car vous auriez dû le placer sur le calibre 10 V, tandis qu'elle est facilement lisible sur un calibre beaucoup plus sensible (300 mV par exemple). C'est dans cette faculté de délivrer des tensions différentielles avec une grande sensibilité, que réside tout l'intérêt du circuit en pont de Wheastone.

Autrefois, un pont de Wheastone comportait, entre les branches A et B, un galvanomètre à cadre mobile très sensible mais très fragile. De nos jours l'appareil de mesure (analogique ou numérique) est précédé d'un amplificateur différentiel qui amplifie la différence de tension entre A et B**. En remplaçant la résistance R2 par un capteur à résistance variable (température, lumière, jauge de contrainte etc...), le pont permet de mesurer des variations très faibles de la grandeur à mesurer, il convient particulièrement bien pour les capteurs de faible dynamique, c'est à dire dont la plage de sensibilité est réduite.

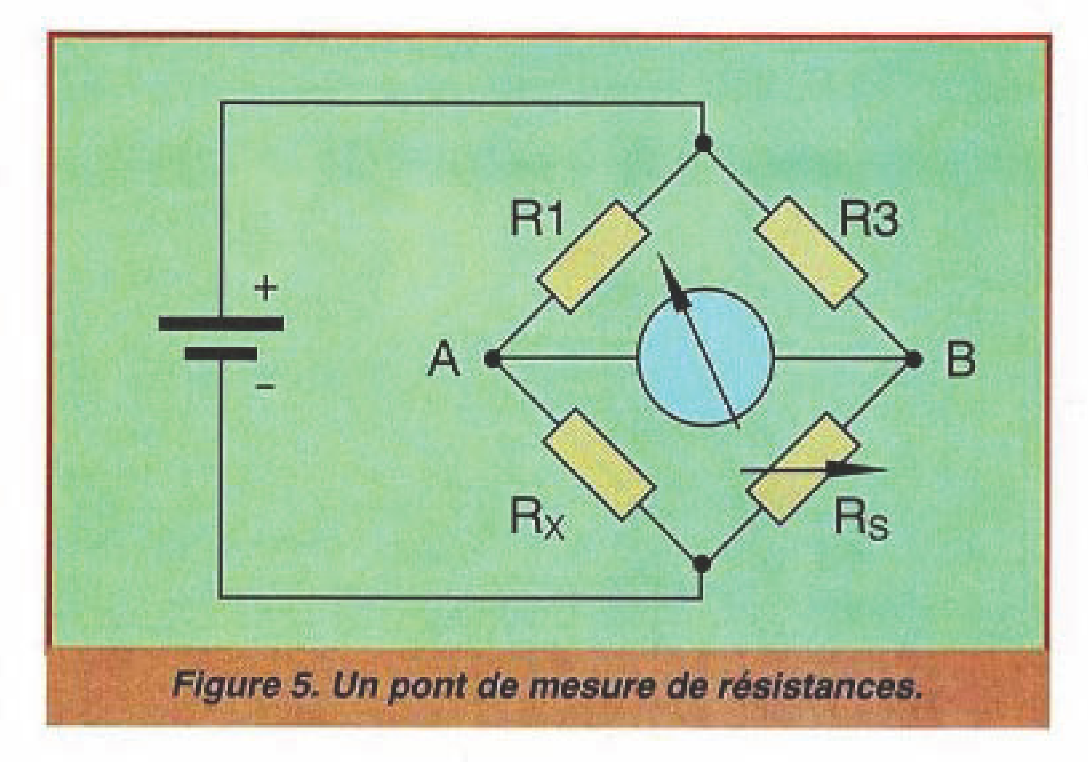



*Figure 5. Un pont de mesure de résistances.*

Dans ces conditions, l'équilibre du pont (ou le zéro de lecture) est obtenu par une résistance variable dite de "tarage" placée en R4.

## LES PONTS DE MESURE

Si le pont de Wheastone permet de mesurer les écarts très faibles d'une résistance, il permet réciproquement de mesurer une résistance inconnue avec une grande précision, en la comparant avec une résistance connue. Pour cela, la branche R2 est remplacée par une résistance variable connue Rs qui peut être soit un potentiomètre étalonné soit une boîte de résistances étalonnées. La résistance inconnue Rx prend la place de R4 ,voir la figure 5.

A l'équilibre du pont, nous avons la relation :

Rx = Rs . R3 / R1

Pour ce type de mesure nous prenons, en général, R1 = R3, pour obtenir une lecture directe Rx = Rs.

Vous remarquerez que dans tous les montages en pont, la tension de la source d'alimentation n'intervient pas, elle ne nécessite donc pas de régulation.
La précision sur Rx ne dépend que de la tolérance des composants connus, et vous avez intérêt, avec raison, de vous en tenir à votre multimètre. Un pont de résistance de haute précision trouvera sa place dans un laboratoire de mesures.
Par contre, le même principe utilisé en courant alternatif est beaucoup plus intéressant pour mesurer les selfs et les condensateurs.

## LE PONT DE MESURE EN COURANT ALTERNATIF

Dans ce pont alimenté par une tension alternative, le diviseur (ou les deux branches) de gauche comporte soit des selfs L

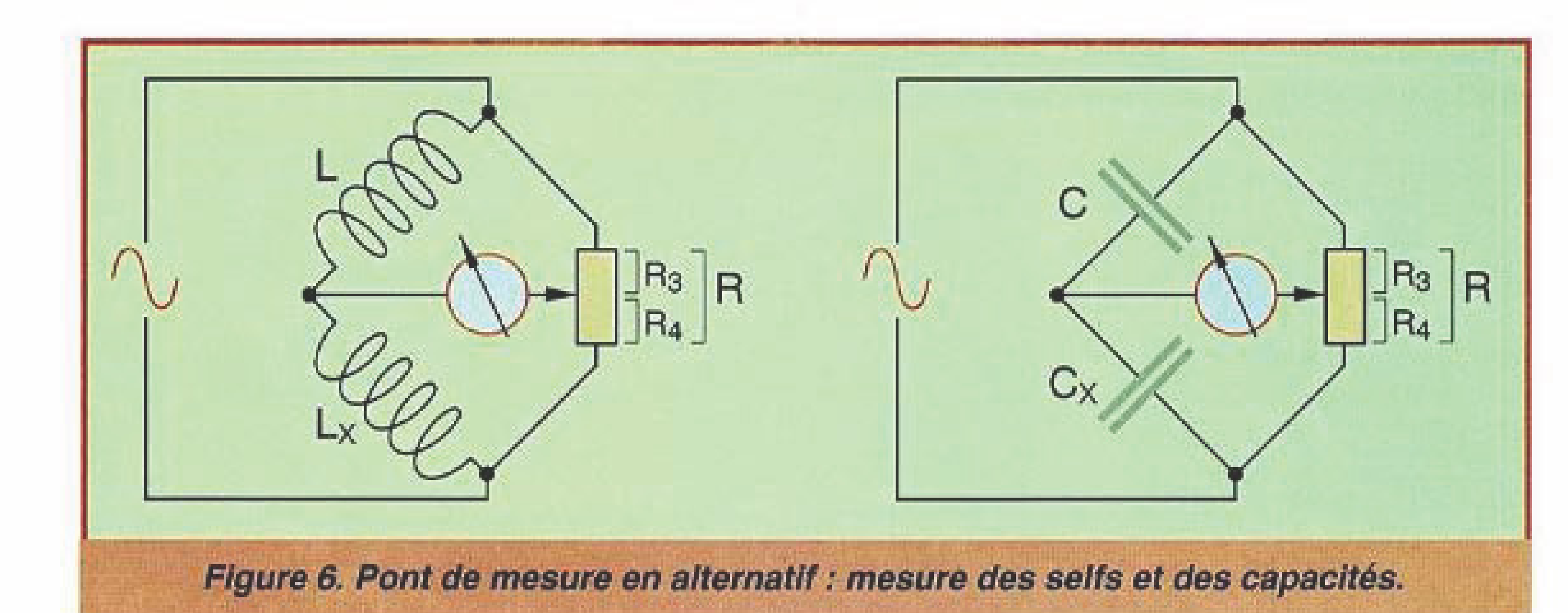


Figure 6. Pont de mesure en alternatif : mesure des selfs et des capacités.

et Lx soit des capacités C et Cx, L et C sont connues, Lx et Cx sont inconnues ; le diviseur (ou les deux branches) de droite comportent deux résistances variables dont la somme reste constante (R3 + R4 = R), formant ainsi un simple potentiomètre étalonné, voir figure 6. Ce qui revient à comparer un diviseur à impédances réactives ou capacitives à un diviseur de rapport variable purement résistif, tous deux étant alimentés par la même source, la tension et la fréquence de celle-ci n'interviennent pas.

A l'équilibre du pont, nous avons tout simplement :

Lx = L . R4 / R3 ou bien
Cx = C . R4 / R3

Dans le cas particulier où l'équilibre est obtenu avec le potentiomètre à mi-course, nous avons R3 = R4 donc Lx = L ou bien Cx = C. Ce montage simplifié est souvent utilisé pour la mesure des selfs et des capacités de valeur élevée. D'autres montages en pont utilisés en alternatif, basse et haute fréquence, sont plus moins sophistiqués suivant l'usage auquel ils sont destinés, les schémas sont innombrables mais leur principe de base reste le même et nous vous en reparlerons lorsque nous les rencontrerons.

Notes :

* Sur les calibres en alternatif (V AC), votre multimètre comporte un pont redresseur à diodes, il déviera toujours de gauche à droite quelque soit le sens du déséquilibre du pont de résistances mais il manquera de sensibilité pour des tensions inférieures à 0,7 V, ce qui est dû à la chute de tension directe des diodes.
Vous pouvez aussi créer un zéro artificiel en déséquilibrant légèrement le pont pour que l'aiguille de votre multimètre en calibre "continu" (V CC) se trouve à mi-course, l'erreur sera négligeable sur le calibre le plus sensible.

** La figure 7, vous donne, à titre indicatif, le montage simplifié d'un pont suivi d'un amplificateur opérationnel.

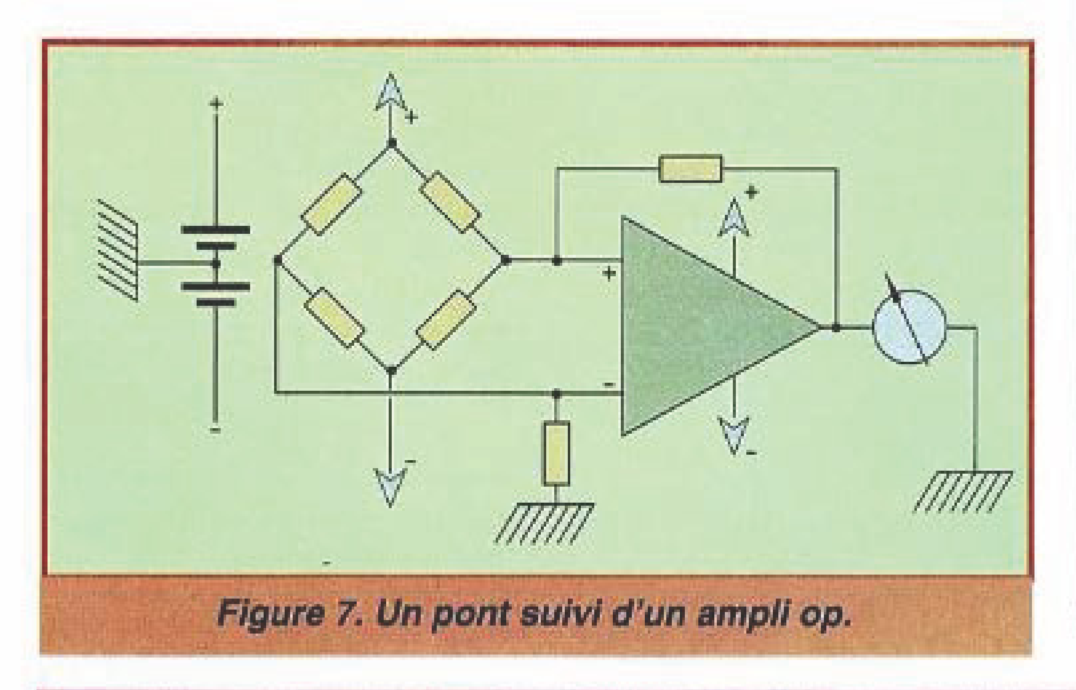


Figure 7. Un pont suivi d'un ampli op.



*Figure 11. Relais statique de commutation émission/réception.*

déjà, son temps de commutation est extrêmement rapide et il existe des modèles de puissance qui peuvent commuter des puissances haute fréquence de plusieurs dizaines de watts. Une application en commutation vous est donnée en figure 11.

Les deux diodes constituent un relais statique associé à une logique de commande qui permet d'effectuer la commutation des signaux en émission et en réception. La commande est effectuée par une logique binaire dont l'état bas correspond ici à la réception (Cde RX) et l'état haut à l'émission (Cde TX). Pour en comprendre le fonctionnement, il faut raisonner en séparant les deux circuits en présence : d'une part le chemin emprunté par les signaux haute fréquence et d'autre part, le circuit de polarisation utilisé par le courant continu appliqué sur les entrées de commande.

Appliquons un état haut sur la commande TX, la commande RX se trouvant à l'état bas : D1 est polarisée via Ch4, Ch1 et R1. Les bobines Ch sont des inductances s'opposant au passage des signaux de haute fréquence (appelées pour cela "bobines de choc") et les résistances *R* limitent le courant de polarisation directe, les signaux de haute fréquence en provenance de l'émetteur atteindront l'antenne sans remonter sur le récepteur car D2 polarisée en inverse présente une grande résistance. L'isolement vers le circuit de réception est amélioré grâce à D3 qui, comme D1, conduit et met à la masse via C4 la haute fréquence résiduelle pouvant traverser D2.

Pour configurer le relais en réception nous inversons les

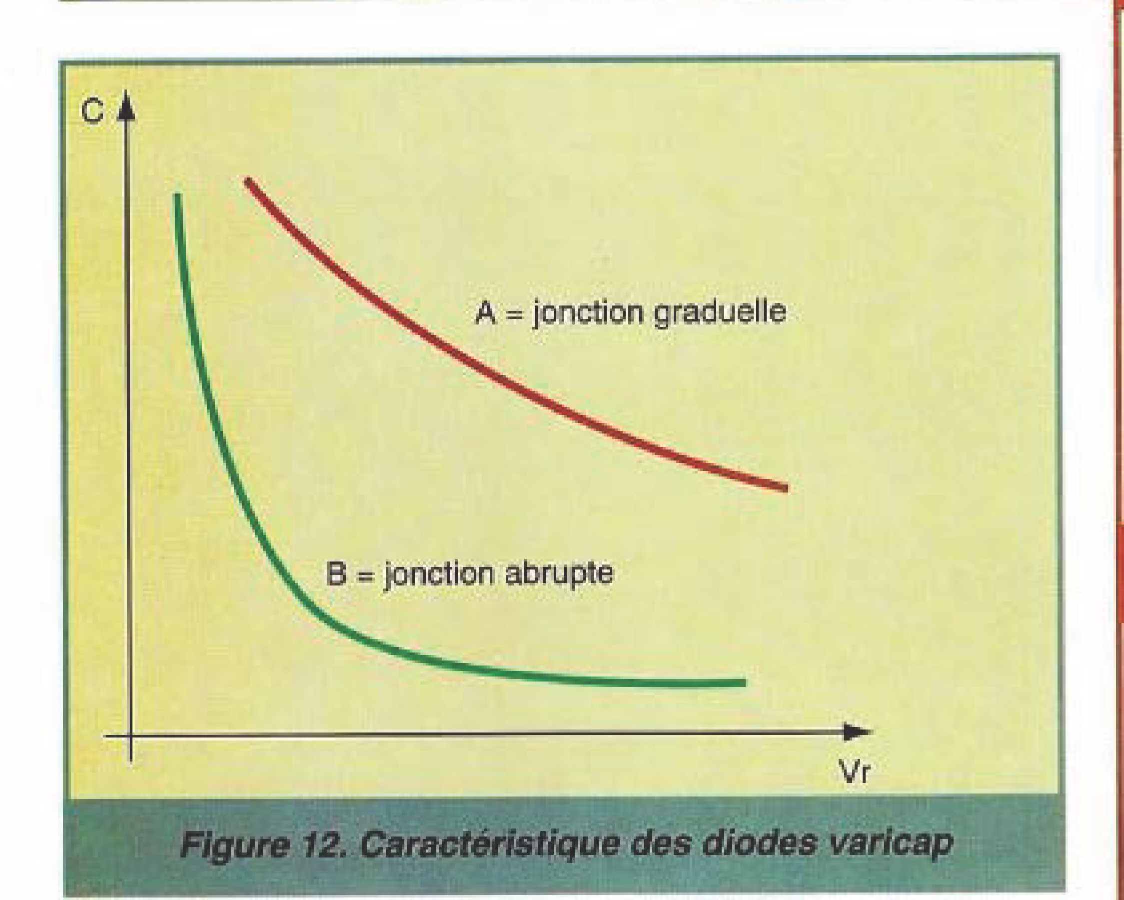


Figure 12. Caractéristique des diodes varicap

commandes. Dans ce cas, seule D2 se trouve polarisée via Ch2, Ch1 et R1, ce qui permet aux signaux venant de l'antenne d'accéder au récepteur. Dans ce montage l'état haut est de l'ordre de + 3 à+ 5 volts et l'état bas a une tension négative de plusieurs dizaines de volts.
Autre avantage de la diode PIN : Si elle permet de commuter et d'aiguiller des signaux, elle permet aussi d'agir comme un atténuateur variable en y appliquant une tension continue intermédiaire, comme un potentiomètre télécommandé en quelque sorte. La plupart des téléviseurs, chaînes Hi-Fi etc... télécommandées comportent de tels circuits.

## LA DIODE VARICAP

Toutes les diodes possèdent une capacité de transition due à la jonction qui est particulièrement mise en évidence en polarisation inverse. La diode à variation de capacité ou "varicap" est spécialement conçue pour optimiser cet effet. Il en existe deux types : la diode à jonction graduelle et celle à jonction abrupte ou hyperabrupte. Le choix de la variation dépend de l'application envisagée. La figure 12 montre l'allure de leur capacité en fonction de la tension inverse Vr appliquée.

La diode varicap remplace avantageusement les condensateurs variables dans les circuits de réception, que ce soit en grandes ondes avec une variation de capacité de plusieurs centaines de pF ou en UHF avec une variation de 10 à 20 pF seulement.

Sur un récepteur, l'accord sera effectué par une simple tension délivrée par un potentiomètre. Couplée à un circuit oscillant, elle permet ainsi d'en faire varier la fréquence de résonance.

(à suivre)

# LA PROTECTION DE VOS MONTAGES

*Une erreur de polarité est si vite arrivée... Malgré les vérifications préliminaires que vous ne manquez pas de faire en raccordant un montage à son alimentation.*

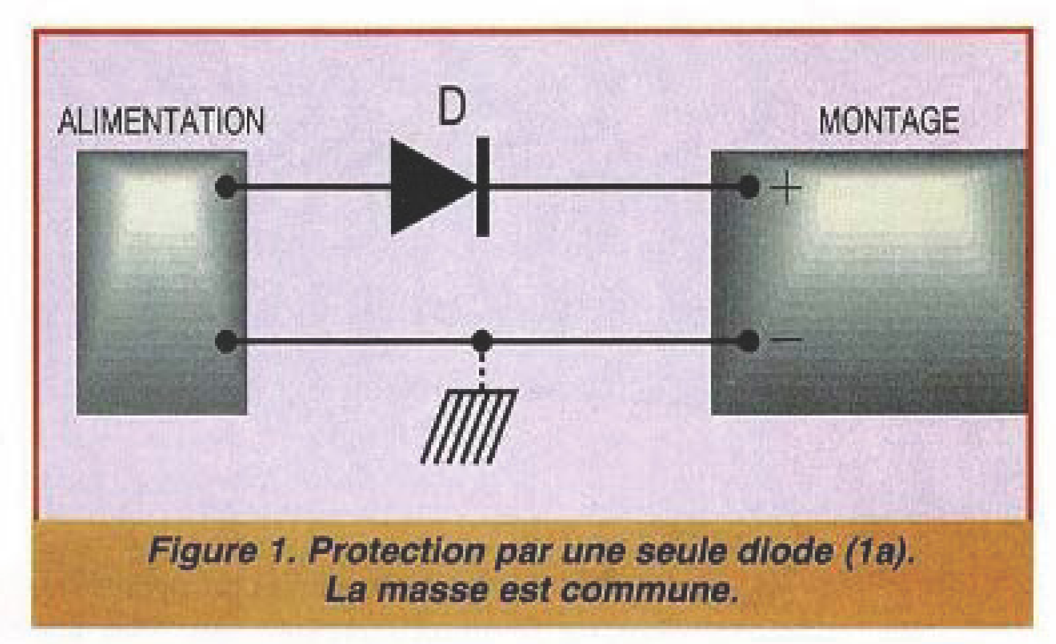



**Figure 1. Protection par une seule diode (1a). La masse est commune.**



Lors d'un raccordement il vous arrivera un jour, par distraction, d'en inverser les polarités : un incident qui peut arriver à tout le monde, même aux plus chevronnés ! Les conséquences sont le plus souvent désastreuses pour les semi-conducteurs. La plupart des appareils du commerce et certains kits comportent une protection élémentaire contre les inversions de polarité, nous allons vous les décrire ci-dessous en vous indiquant leurs avantages et leurs inconvénients. Par la même occasion, nous vous parlerons ultérieurement de la protection contre les surtensions.

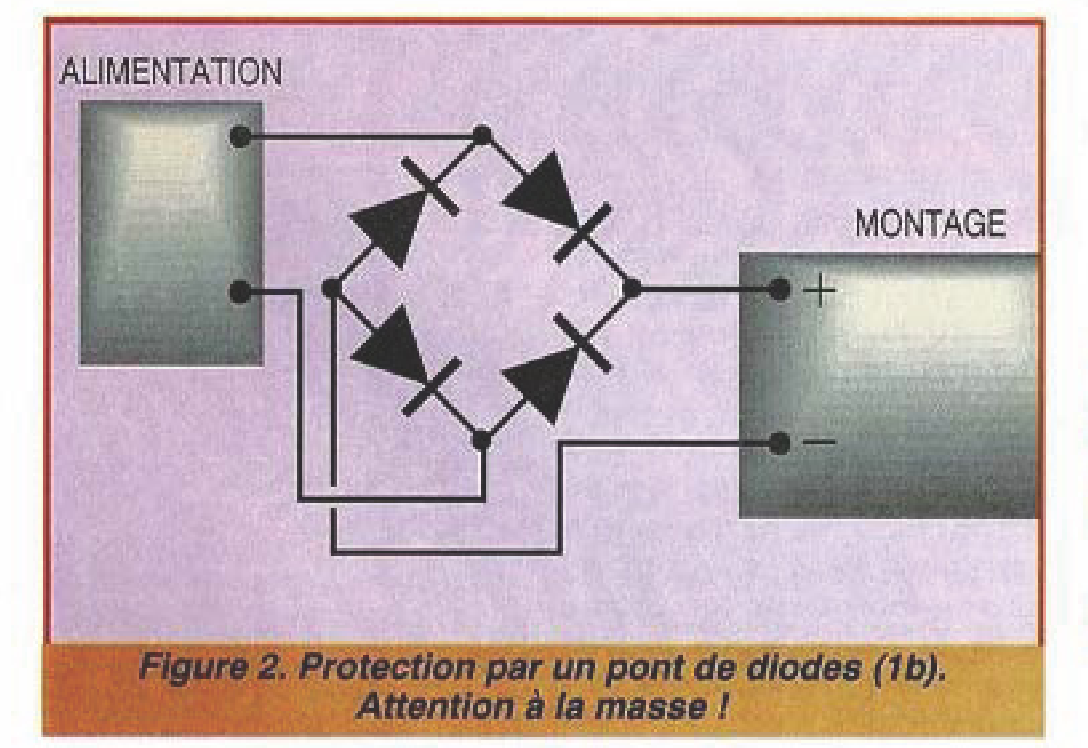



**Figure 2. Protection par un pont de diodes (1b). Attention à la masse !**

## 1 - LA PROTECTION CONTRE LES INVERSIONS DE POLARITÉ.

### 1A - PAR UNE SEULE DIODE :

C'est le circuit le plus simple qui soit, il se passe de

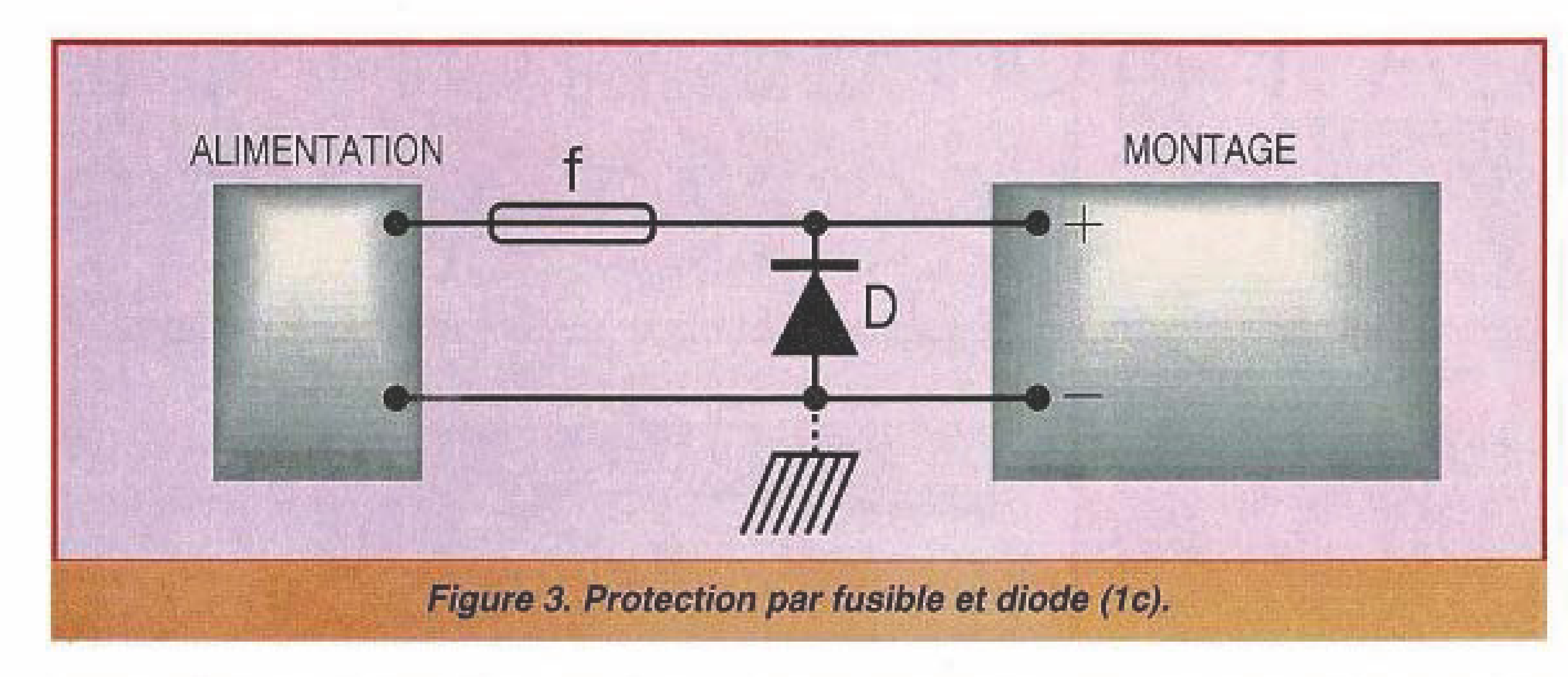



*Figure 3. Protection par fusible et diode (1c).*

commentaires : si les pôles positifs et négatifs sont inversés, votre montage ne reçoit rien. La diode de redressement utilisée doit cependant supporter le courant direct demandé, mais apporte une chute de tension directe (ou tension de déchet) de 0,7 volts environ pour les diodes au silicium. Ce circuit convient à tous vos montages de faible consommation, disons jusqu'à un ampère, et tolérants sur les écarts de tension (9 à 12 volts par exemple). Dans ces conditions, une simple diode 1N4001 suffit, voir figure 1.

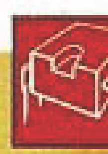
### 1B - PAR UN PONT DE DIODES :

Avec le circuit de la figure 2, vous risquez de prendre de mauvaises habitudes... car vous n'avez plus à vous inquiéter sur la polarité de l'alimentation ! C'est une application du pont redresseur en alternatif dont nous vous avons déjà parlé dans notre numéro 5. Ce circuit convient pour les petits montages mentionnés ci-dessus, mais la chute de tension (tension de déchet) est doublée : 1,4 volts pour les diodes au silicium, ce qui peut être gênant en basse tension. Dans ce cas, le pont de diodes peut être un pont intégré de 1 A ou formé de quatres diodes 1N4001. Ajoutons cependant que la masse du montage ne devra pas être mise à la masse de l'alimentation, ce montage est donc à déconseiller à bord d'un véhicule.

### 1C - PAR UN FUSIBLE ET UNE DIODE :

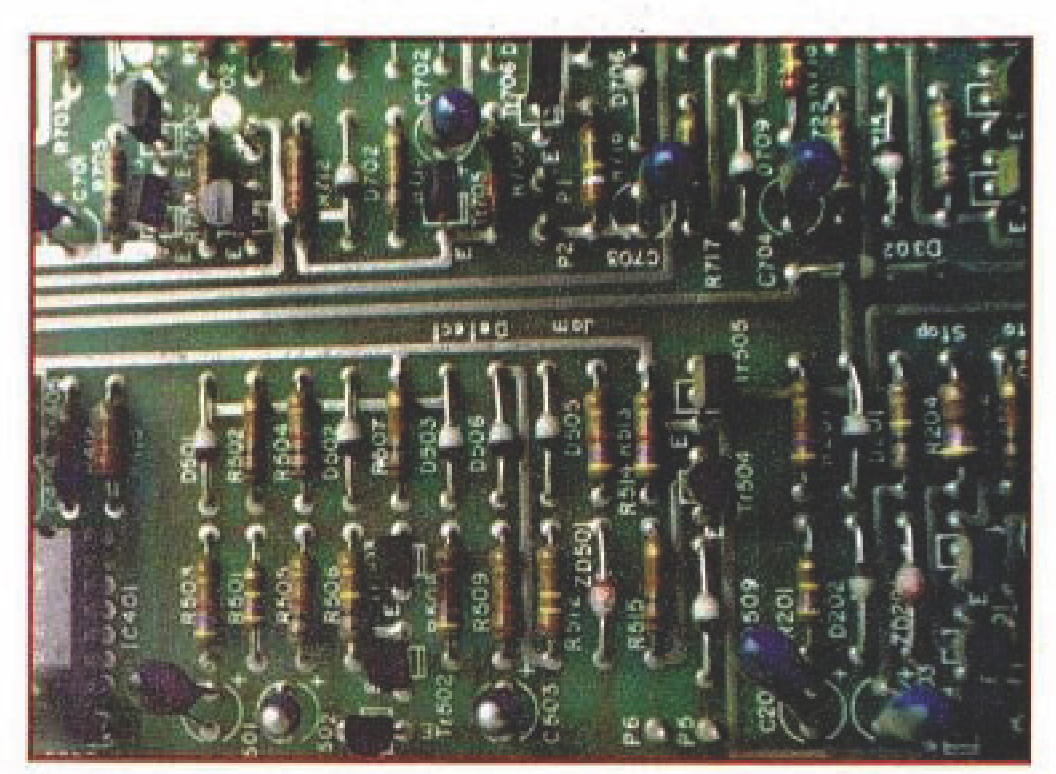
Sur la figure 3, un fusible est suivi d'une diode mise en parallèle sur votre montage. En cas d'inversion de polarité, la diode conduit et court-circuite pratiquement la tension d'alimentation et le fusible "saute". Ce circuit n'apporte aucune chute de tension directe et se trouve couramment sur les appareils du commerce dont le courant nominal est de plusieurs ampères sous 12 volts (auto-radio, CB etc...). En effet, le rendement de leurs étages de puissance dépend avant tout de la tension d'alimentation. Le fusible du type rapide doit être calibré à deux ou trois fois le courant nominal. La diode doit être largement dimensionnée pour supporter le courant de court-circuit pendant un très court instant, le temps que le fusible "saute". Ce courant maximal dit "de pointe" peut être très important (10 à 20 fois le courant nominal) pendant un temps inférieur à la milliseconde. Bien sûr, les diodes de redressement ne sont pas faites pour fonctionner ainsi, si ce n'est qu'à de très rares occasions. Pour que la diode reste fiable, vous devez choisir un modèle redresseur au silicium dont le courant direct nominal soit largement supérieur au calibre du fusible.

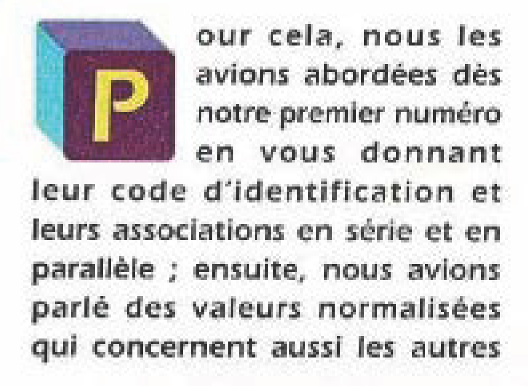
**LE MOIS PROCHAIN NOUS VERRONS COMMENT IL EST POSSIBLE DE PROTÉGER VOS MONTAGE CONTRE LES SURTENSIONS.**



# LES RÉSISTANCES

*Les résistances sont certainement les composants les plus utilisés en électronique.*





Pour cela, nous les avions abordées dès notre premier numéro en vous donnant leur code d'identification et leurs associations en série et en parallèle ; ensuite, nous avions parlé des valeurs normalisées qui concernent aussi les autres composants électroniques (N° 9). Avant d'entreprendre une étude technologique plus détaillée des différents types de résistances et de leurs applications, nous avons voulu quand même vous donner ou à vous rappeler, en guise d'introduction, quelques points théoriques essentiels à connaître sur ce composant.

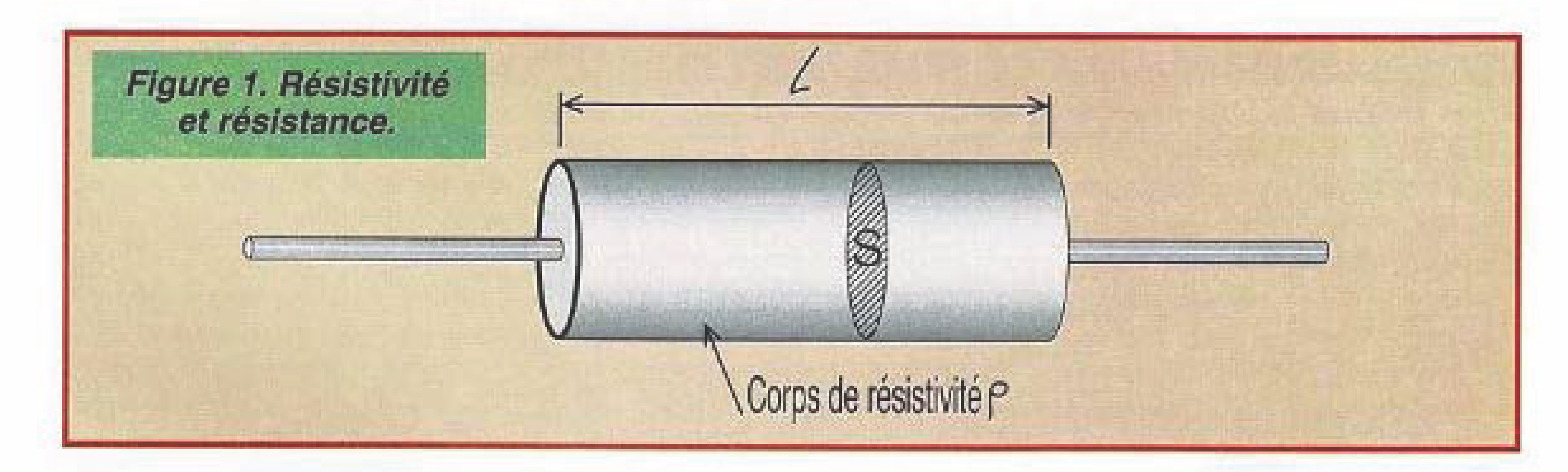



**Figure 1. Résistivité et résistance.**

## INTRODUCTION

La résistance d'un corps dépend de sa résistivité ρ , donc de sa nature mais aussi de ses dimensions physiques, c'est à dire, sa longueur et sa section s :

$$R = \rho . l / s$$

R est exprimée en ohm (Ω), ρ en ohm.mètre (Ω.m) et s en mètre carré (m2).

Comme sa résistivité, dans la pratique, la résistance d'un corps n'est jamais nulle.
Lorsqu'une différence de potentiel est appliquée aux bornes du circuit ainsi formé, sa valeur U et celle du courant I qui parcourt le

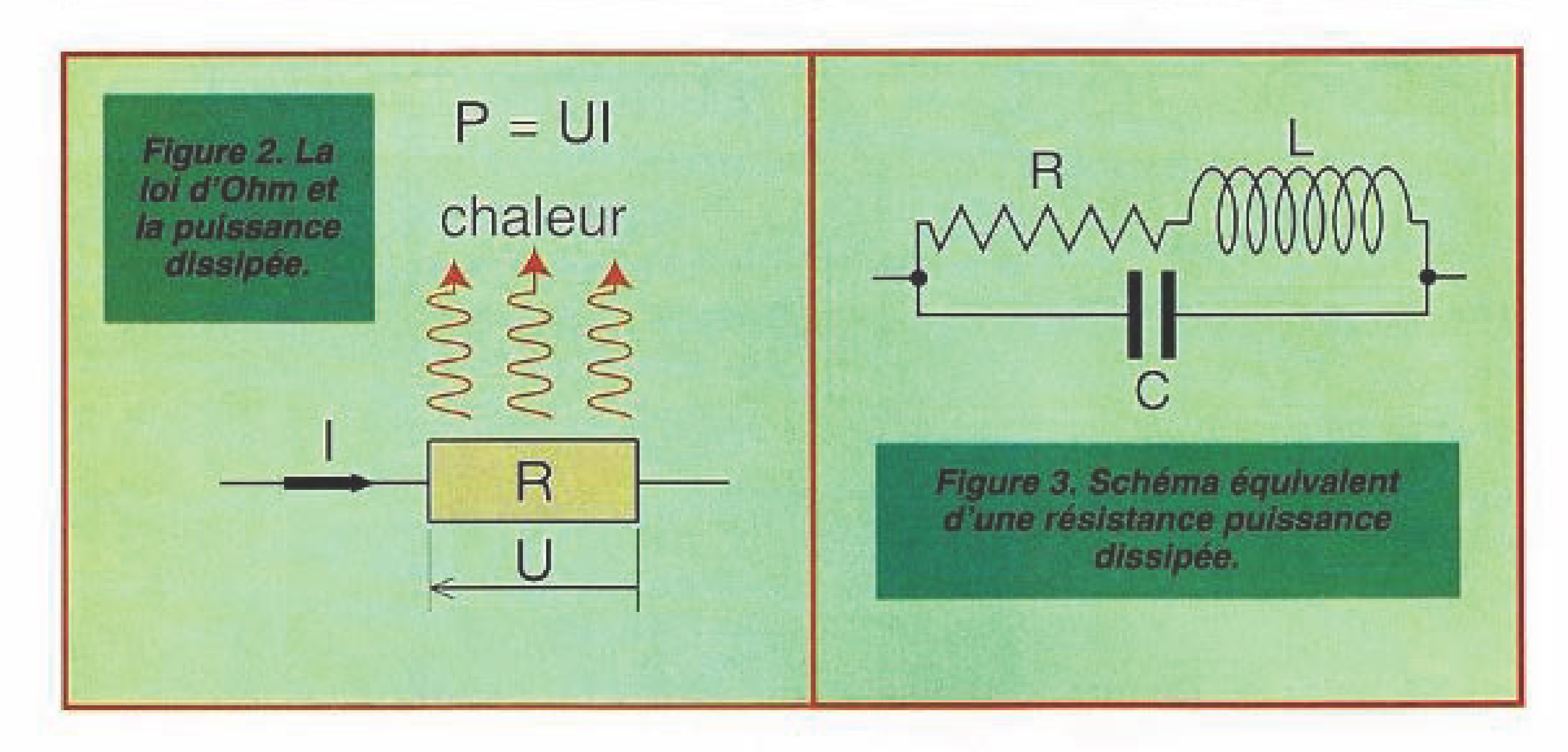



Figure 2. La loi d'Ohm et la puissance dissipée.

Figure 3. Schéma équivalent d'une résistance puissance dissipée.

circuit, sont définis par la loi d'Ohm :

$$R = U / I.$$

R est exprimée en ohm (Ω), U en volt (V) et I en ampère (A).
La résistance d'un conducteur parcouru par un courant s'oppose donc au passage des électrons libres créé par la différence de potentiel appliquée à ses bornes. Les électrons libres perdent ainsi de l'énergie sous forme de chaleur, le conducteur s'échauffe. Cette transformation d'énergie électrique en chaleur est irréversible, elle est analogue à celle de l'énergie mécanique en présence de frottements. l'énergie dissipée en chaleur par unité de temps est donc la puissance dissipée par la résistance :

$$P = U . I = R . I^2 = U^2 / R$$

P est exprimée en watt (W), R en ohm (Ω), U en volt (V) et I en ampère (A).

Donc, tout conducteur parcouru par un courant s'échauffe et ce phénomène est particulièrement important pour les résistances qui sont souvent emmenées à dissiper (en chaleur) une puissance élevée sous un faible volume.
La température superficielle d'une résistance est égale à la somme de son échauffement et de la température ambiante. Même en tenant compte du refroidissement possible, cette température reste limitée. Une résistance sera donc caractérisée par la puissance nominale qu'elle pourra dissiper dans des conditions normales de câblage. Dans la pratique, on évitera de dépasser les 70 % de cette puissance nominale pour les résistances métalliques et 50 % pour les résistances au carbone.

## LES RÉSISTANCES EN COURANT CONTINU ET EN COURANT ALTERNATIF

En courant continu, les résistances suivent simplement la loi d'Ohm et n'apportent pas de commentaire particulier. Par contre, en courant alternatif, il est matériellement impossible de fabriquer des résistances pures quelle que soit la fréquence. En effet une résistance comporte toujours des éléments inductifs (self) et capacitifs (condensateur) qui peuvent se ramener au schéma équivalent de la figure 3.

Les éléments L et C provoquent des déphasages entre le courant et la tension pouvant aller jusqu'à la résonance sur une certaine fréquence. En général pour les résistances à couches, L et C sont faibles et la fréquence de résonance est élevée (plusieurs centaines de MHz). Mais à l'approche de celle-ci, l'impédance peut être très différente de la résistance pure nominale. Cependant ne dramatisez pas, car ce phénomène ne se manifeste guère que sur des montages de puissance et il existe des solutions pour les contourner. Sur les hautes fréquences, les fils de connexion jouent un rôle important et vous devez les couper au plus court.



#### LES CARACTÉRISTIQUES QUE VOUS DEVEZ CONNAÎTRE :

Les trois caractéristiques essentielles sont :

- La résistance nominale qui est celle marquée sur le corps du composant.
- La tolérance à ± % de cette résistance nominale que le fabricant s'engage à respecter.
– La puissance nominale dissipée qui est n'est pas marquée sur les petites résistances à couche, mais se reconnait à leurs dimensions (voir tableaux). Elle peut être mesurée car leur température ne doit pas excéder 70°C dans des conditions normales d'utilisation.

D'autres caractéristiques sont données par les fabricants, vous aurez rarement à les connaitre, nous ne vous en citons que trois à titre indicatif :

- La tension maximale qu'une résistance peut supporter entre ses bornes.
- Le coefficient de température qui exprime la variation positive ou négative de la valeur de la résistance en fonction de sa température.
- La stabilité de la valeur nominale en fonction du temps d'utilisation (dérive).

## LES DIFFÉRENTS TYPES DE RÉSISTANCES

Nous avons classé les résistances en trois catégories :

- Les résistances à couche
- Les résistances bobinées
- Les résistances diverses

#### LES RÉSISTANCES À COUCHE

La nature du matériau résistant peut être soit du carbone soit métallique.

Nous commencerons par celles à couche de carbone qui sont les plus courantes à l'heure actuelle, leurs caractéristiques sont bonnes et leur prix réduit. Les résistances à couche métallique, de technologie très voisine, sont plus performantes mais d'un coût plus élevé. Nous vous dirons aussi quelques mots sur les anciennes résistances agglomérées qui ont cédé leur place aux résistances à couche.

#### LES RÉSISTANCES À COUCHE DE CARBONE (CELLES D'AUJOURD'HUI).

Un bâtonnet de céramique poli est revêtu sous vide au four (par pyrolyse) d'une couche de carbone cristallisé, très adhérent et de dureté voisine du diamant. La valeur approximative de la résistance est définie par l'épaisseur de la couche de carbone. Puis elle est ajustée sur un tour automatique qui grave un sillon hélicoïdal dont le nombre de spires dépend de la valeur

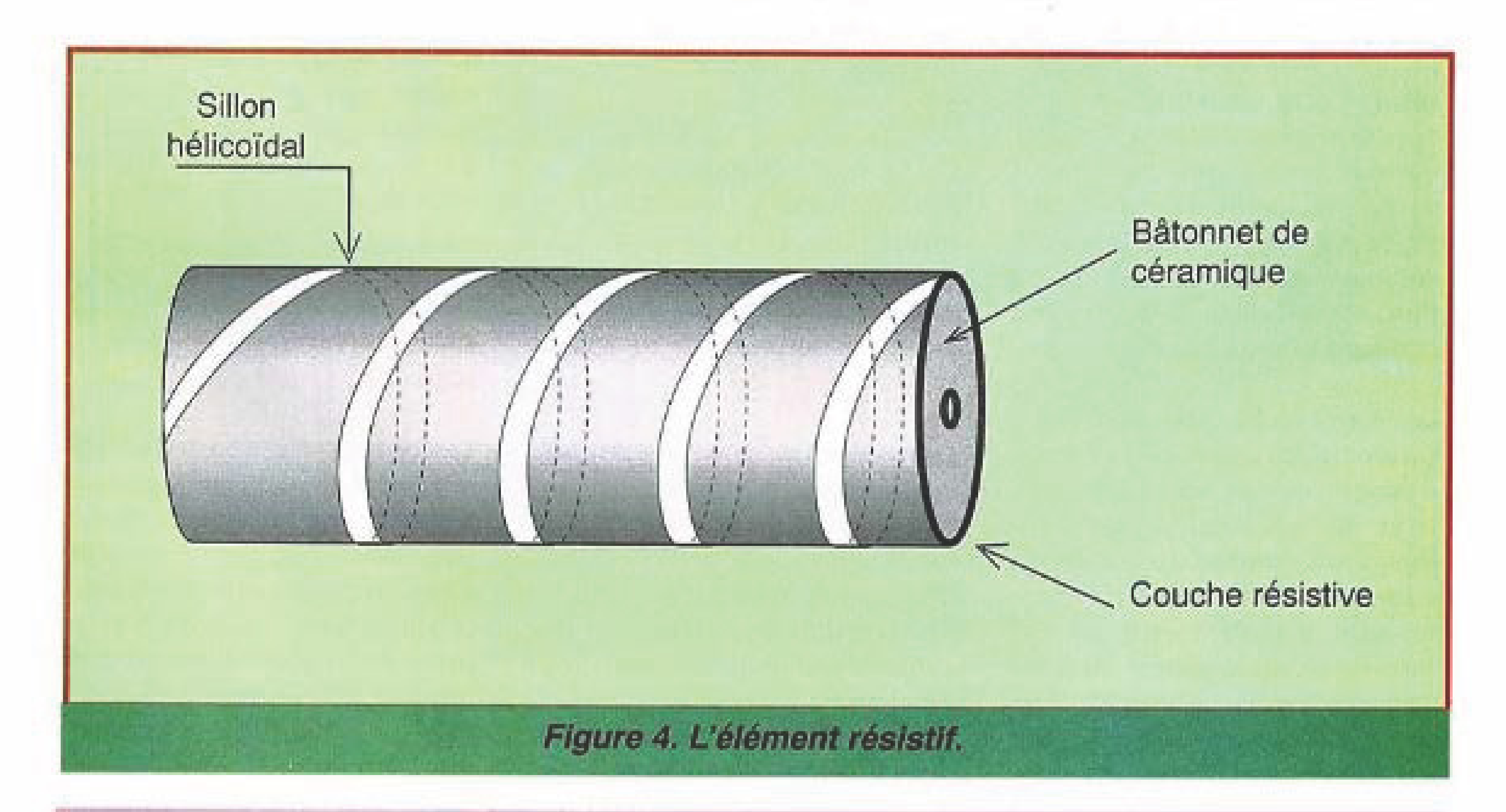



*Figure 4. L'élément résistif.*

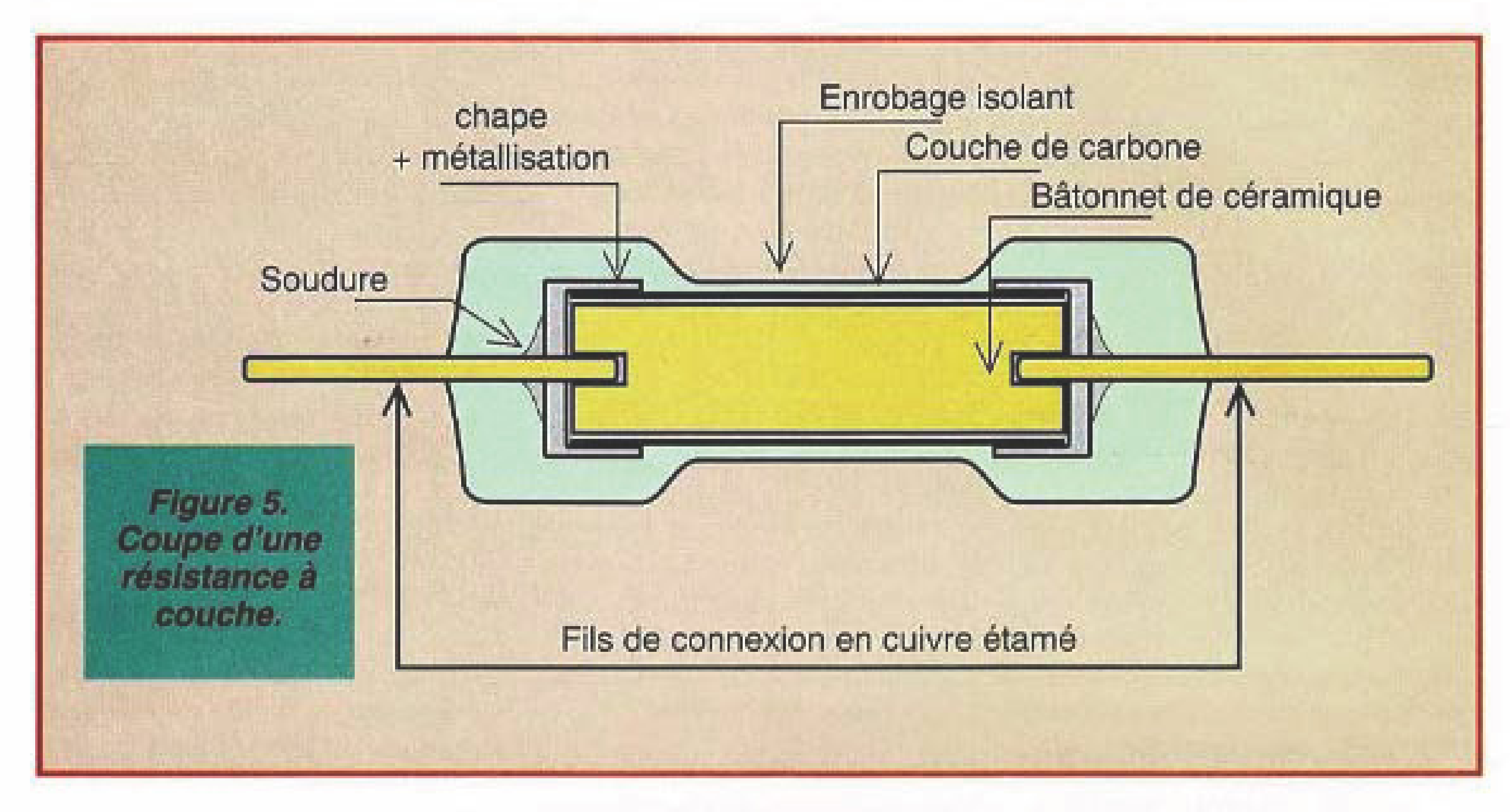



*Figure 5. Coupe d'une résistance à couche.*

ohmique désirée. Cette opération a pour résultat d'allonger la longueur de la couche résistante. Les extrémités du bâtonnet sont métallisées pour assurer un bon contact avec les embouts sertis (chapes) supportant les fils de sortie. Certains modèles ne comportent pas de chapes et les fils de sortie sont directement soudés à la métallisation. Les soudures sont faites à l'argent ou avec un alliage à haut point de fusion. La résistance est protégée par un enrobage de laque cuite au four. En fin de fabrication, la résistance est contrôlée, marquée et mise sur bande.

Les caractéristiques des résistances à couche de carbone d'usage courant vous sont données sur le tableau 4, leur marquage est effectué au moyen du code des quatre anneaux de couleur (3 pour R et 1 pour la tolérance, voir notre numéro 15), le coefficient de température des résistances au carbone est légèrement négatif, en effet le carbone possède certaines propriétés des semi-conducteurs, sa résistivité diminue quelque peu lorsque la température augmente.

## LES RÉSISTANCES À COUCHE MÉTALLIQUE (CELLES D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN).

Ce type de résistance prend de plus en plus d'importance et doit, dans un avenir proche, remplacer les résistances à couche de carbone, car leurs caractéristiques sont meilleures et leur prix diminue progressivement.
Leur constitution est identique aux précédentes mais l'élément résistant est remplacé par une ou plusieurs couches successives d'alliage résistant et même de semi-conducteur déposées par évaporation sous vide, on peut ainsi annuler le coefficient de température qui aurait tendance à être positif (métal) et augmenter la stabilité dans le temps. Le sillon hélicoïdal de finition est exécuté au laser. Dans le tableau 2, vous constaterez que leur encombrement est nettement plus réduit, à dissipation égale. Nous n'avons pas tenu compte ici des tolérances beaucoup plus serrées pour lesquelles elles se sont imposées depuis longtemps dans les instruments de mesure (2 %, 1 %, 0,5 % dans les séries E48, E96 et E192).

## LES RÉSISTANCES AGGLOMÉRÉES (CELLES D'HIER).

Ce type de résistance, très répandu, il y a une vingtaine d'années, est en voie de disparition, mais nous les rencontrons fréquemment sur le matériel de récupération. Vous pouvez les utiliser lorsque leur encombrement le permet.
L'élément résistant contenu dans un tube de bakélite est



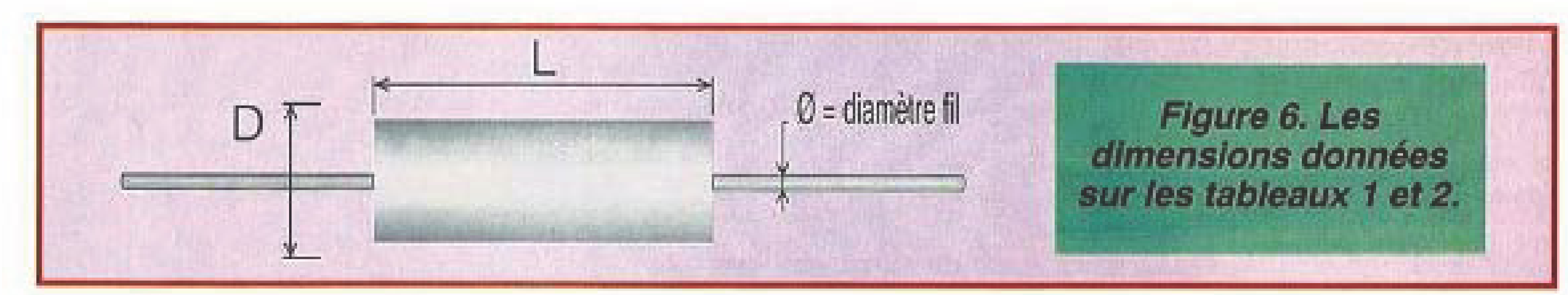



*Figure 6. Les dimensions données sur les tableaux 1 et 2.*

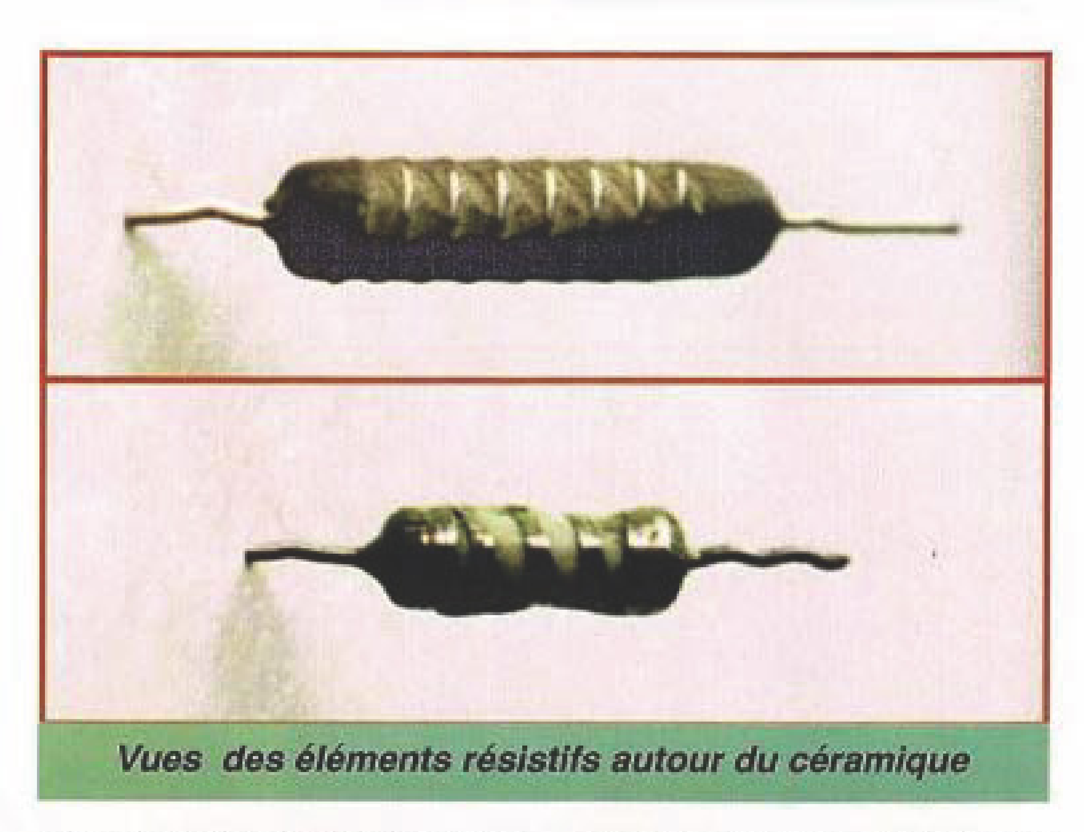
| P nominale à 70°C W | R mim W | R max W | Tensions max V | Dimensions mm D | Dimensions mm l | Dimensions mm Ø | Tolérance % | Série | Observation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/8 | 10<br>270 k | 220 k<br>1 M | 150 | 1,6 | 4,5 | 0,4 | ± 5<br>±10 | E 24<br>E 12 | |
| 1/4 | 1<br>1,2 M | 1 M<br>10 M | 250 | 2,5 | 7,5 | 0,6 | ± 5<br>±10 | E 24<br>E 12 | les plus courantes |
| 1/2 | 4,7<br>1,2 M | 1 M<br>10 M | 350 | 3,7 | 10 | 0,7 | ± 5<br>±10 | E 24<br>E 12 | |
| 1 | 10 | 1 M | 500 | 5,2 | 18 | 0,8 | ± 5 | E 24 | |
| 2 | 4,7 | 1 M | 750 | 6,8 | 18 | 0,8 | ± 5 | E 24 | |

*Tableau 1. Résistances à couche de carbone d'usage courant.*

| P nominale à 70°C W | R mim W | R max W | Tensions max V | Dimensions mm D | Dimensions mm l | Dimensions mm Ø | Tolérance % | Série | Observation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/8 | 1 | 150 k | 200 | 1,6 | 3,6 | 0,5 | ± 5 | E 24 | |
| 1/4 | 1 | 1 M | 250 | 2,3 | 7,5 | 0,6 | ± 5 | E 24 | les plus courantes |
| 1/2 | 1 | 3 M | 350 | 3,5 | 10 | 0,8 | ± 5 | E 24 | |
| 1 | 10 | 2 M | 500 | 4,8 | 18 | 0,8 | ± 5 | E 24 | |
| 2 | 10 | 1,5 M | 750 | 8,1 | 8,1 | 0,8 | ± 5 | E 24 | |

*Tableau 2. Résistances à couche métallique d'usage courant.*

formé d'un mélange de carbone, d'isolant et d'un liant (colle). C'est le pourcentage de carbone qui permet de définir la valeur de la résistance. Plus la teneur en carbone est élevée, plus basse est la valeur ohmique et aucun ajustement ultérieur n'est possible en cours de fabrication. Ce furent les premières résistances à recevoir le code des anneaux de couleurs utilisé à l'heure actuelle et elles se reconnaissent à leur encombrement plus important, à leur forme strictement cylindrique de couleur marron ou noire. Leur puissance nominale est comprise entre 1/2 et 2 watts et leur tolérance est de ± 10 à 20 % seulement dans une gamme de valeurs qui s'étendent de 4,7 Ω à 100 MΩ (dans les séries 6 et E12). Leur principale qualité est leur très faible inductance interne. (à suivre)



*Vues des éléments résistifs autour du céramique*

Protection externe en bakélite

Elément résistant moulé

Fils terminés par un cône ou un disque d'ancrage

*Tableau 2. Résistances à couche métallique d'usage courant.*

**Prochainement, nous vous parlerons des résistances bobinées, puis des résistances variables.**

à suivre

## AIDE-MEMOIRE ELECTRONIQUE

R. BESSON

Composants, satellites, vidéo, sonorisation, radio, télévision. Des bases de l'électricité jusqu'aux produits de l'électronique grand public.

448 pages - REF BOR41410 97F. + 25 F port

## LIVRE DES GADGETS ELECTRONIQUES

B. FIGHIERA

Pour les jeunes et débutants qui pourront réaliser, sans connaissances spéciales, des montages "tremplins" : sirène, interphone,etc...

130 pages - REF BOR23826 135F. + 25 F port

## GUIDE PRATIQUE DES MONTAGES ELECTRONIQUES

M. ARCHAMBAULT

De la conception des circuits imprimés jusqu'à la réalisation des façades de coffrets en passant par la fixation des composants.

144 pages - REF BOR23821 90F. + 25 F port

## 200 MONTAGES ELECTRONIQUES SIMPLES

W.SOROKINE

Montages demandant très peu de composants, effectués en une soirée et vérifiable immédiatement. Avec circuits intégrés.

384 pages - REF BOR25576 160F. + 25 F port

## REUSSIR 25 MONTAGES A CIRCUITS INTEGRES

B. FIGHIERA

Circuits intégrés logiques - 5 jeux - 6 gadgets pour la maison - 6 appareils de mesure - 8 montages BF et HI-FI.

128 pages - REF BOR23829 95F. + 25 F port

## ELECTRONIQUE LABORATOIRE ET MESURE

B. FIGHIERA ET R. BESSON

Nombreux shémas pratiques de matériels utilisables pour l'amateur bricoleur.

176 pages - REF BOR23808 130F. + 25 F port

## ELECTRONIQUE JEUX ET GADGETS

B.FIGHIERA ET R. BESSON

Applaudimètre - Truqueur de voix - Anti-ronfleur - Casse-tête électronique - Gradateur de lumière -Badge lumineux -

160 pages - REF BOR23806 130F. + 25 F port

## CIRCUITS IMPRIMES

P. GUEULLE

Conception et réalisation. Les principales notions d'optique, de photochimie et de reprographie, pour comprendre véritablement ce que l'on fait.

160 pages - REF BOR23841 140F. + 25 F port

## 1500 SCHEMAS ET CIRCUITS ELECTRONIQUES

R. BOURGERON

300 nouveaux schémas. Accès par fonction a été ajouté.

558 pages - REF BOR25497 240F. + 25 F port

## 350 SCHEMAS HF DE 10 kHz A 16 Hz

H. SCHREIBER

Ce livre est un outil efficace de recherche, d'idées de circuits et une bibliographie de schémas publiés.

320 pages - REF BOR25495 190F. + 25 F port

## 270 SCHEMAS D'ALIMENTATION

H. SCHREIBER

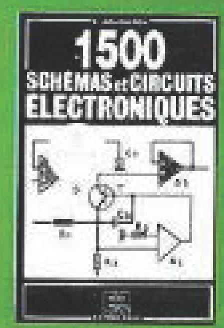
Livre de référence à consulter très souvent ! Panorama de tout ce qui touche aux alimentations avec une sélection de schémas de circuits sécurité.

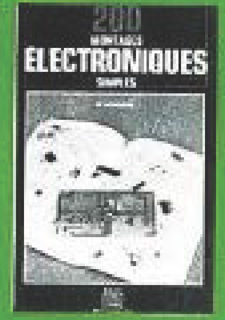
224 pages - REF BOR25498 190F. + 25 F port

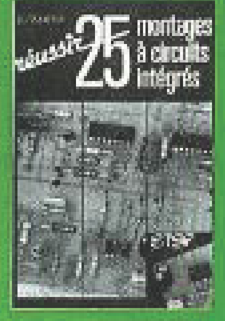


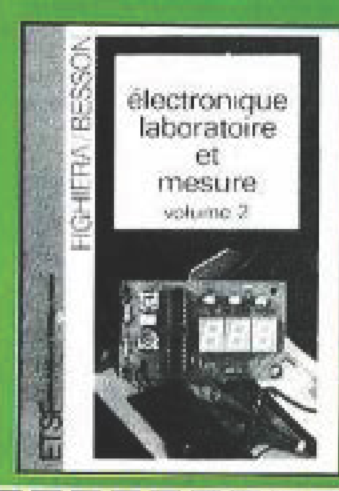










Bon de commande à envoyer aux Editions SORACOM
La Haie de Pan 35170 - BRUZ

| TITRE | Référence | Port | Prix |
|---|---|---|---|
| | | 25 F | |
| | | 25 F | |
| | | 25 F | |
| | | Total | |

Nom : ______________ Prénom : ______________

Adresse : ______________

Code postal : ______________ Ville : ______________

Date : ______________ Signature

**Je joins mon règlement**

**❑ chèque bancaire ❑ chèque postal ❑ mandat**

**❑ JE REGLE PAR CARTE BANCAIRE**

*Date d'expiration* *Signature*

# LES EDITIONS SORACOM

